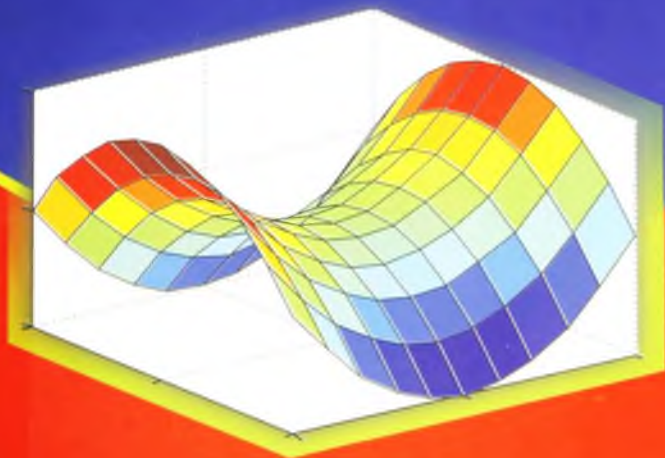


TRẦN QUANG KHÁNH

MATLAB ỨNG DỤNG

TẬP II



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRẦN QUANG KHÁNH

Matlab

ỨNG DỤNG

Giáo trình dùng cho ngành điện

Tập II



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2010

MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển nhanh chóng của tin học, MATLAB đang ngày càng trở thành một công cụ hữu hiệu trợ giúp đắc lực cho quá trình nghiên cứu và học tập. Hiện nay ở hầu hết các trường đại học danh tiếng trên thế giới MATLAB được coi là một môn học quan trọng trong chương trình đào tạo các hệ, các ngành khác nhau.

MATLAB là một trong những hệ thống được soạn thảo hết sức chu đáo, mạch lạc với việc áp dụng nhiều thuật toán phong phú, đặc biệt như chính tên của nó - "MATrix LABoratory", thuật toán ma trận được coi là hạt nhân quan trọng trong lập trình MATLAB. Cú pháp ngôn ngữ của chương trình MATLAB được thiết lập tinh tế đến mức người sử dụng không có cảm giác là đang tiếp xúc với các phép tính phức tạp của ma trận. Ma trận được áp dụng rộng rãi trong các bài toán kỹ thuật phức tạp như hệ thống điện lực, tự động hóa, các hệ thống cơ học động, cơ học tĩnh, thủy khí v.v., vì vậy MATLAB chính là phần mềm hết sức thuận tiện và hiệu quả đối với các lĩnh vực này. Không dừng lại ở đó, hiện nay MATLAB đã vượt ra ngoài giới hạn của các hệ thống ma trận và trở thành một hệ thống vạn năng kết hợp (integration) cực mạnh, áp dụng cho hầu hết các lĩnh vực khoa học kỹ thuật, sinh học, hóa học v.v.

Có thể nói MATLAB là sự kết hợp độc đáo của công nghệ tin học hiện đại với bộ sưu tập các phương pháp tính, được tích lũy, đúc kết kinh nghiệm, kỹ năng qua hàng nghìn năm phát triển của toán học. MATLAB thu hút hàng nghìn chuyên gia trong nhiều lĩnh vực tham gia phát triển và hoàn thiện, chính vì vậy mà liên tục có những phiên bản mới xuất hiện thay thế các phiên bản cũ.

Là một hệ thống mở, MATLAB kết hợp rất nhiều phương pháp tính mà có thể áp dụng thuận tiện cho bất kỳ người sử dụng nào. MATLAB có đặc điểm linh hoạt và dễ thích nghi, vì vậy cho dù là người mới bắt đầu hay là một chuyên gia sành sỏi, vẫn có thể có thể sử dụng MATLAB một cách thoải mái và cuốn hút. MATLAB

rất ưu ái đối với người sử dụng, bạn có thể tự tạo ra chương trình riêng cho chuyên môn của mình và MATLAB sẵn sàng đáp ứng. MATLAB cho phép tiếp cận và áp dụng dễ dàng các hàm có sẵn để giải các bài toán cần thiết và đồng thời có thể sáng tạo ra các m.file mà khi được lưu giữ với thủ tục phù hợp, MATLAB coi như là các hàm của chính hệ thống. Điều đó cho phép mở rộng khả năng vô hạn của MATLAB. Đó cũng chính là ưu điểm nổi bật của MATLAB mà không có chương trình nào có được.

MATLAB thực sự là một phương tiện hữu hiệu, cho phép nhân khả năng của con người trong lĩnh vực học tập và nghiên cứu và ứng dụng khoa học kỹ thuật lên nhiều lần, nhưng ở nước ta còn rất ít người biết được điều đó. Hiện nay ở Việt nam, một số trường đại học kỹ thuật cũng đã bắt đầu đưa MATLAB vào giảng dạy và nghiên cứu, nhưng mức độ áp dụng còn rất khiêm tốn. Mặc dù các tài liệu nước ngoài về MATLAB khá phong phú, các thông tin về MATLAB có thể dễ dàng tìm thấy trên các trang Web, nhưng các tài liệu bằng tiếng Việt, đặc biệt là các giáo trình MATLAB còn rất nghèo nàn. Cuốn giáo trình này được viết theo chương trình tin học ứng dụng cho các trường đại học kỹ thuật, với mong muốn tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình giảng dạy, học tập và nghiên cứu trong các trường đại học, cao đẳng. Giáo trình bao hai phần: phần đầu giới thiệu các nội dung cơ bản của MATLAB, bao gồm 7 chương: Chương 1. Khái quát chung về Matlab; Chương 2. Lập trình trên MATLAB; Chương 3. Ma trận; Chương 4. Xử lý số liệu; Chương 5. Đồ họa; Chương 6. Giải phương trình và tính toán tối ưu; Chương 7. Giải toán cao cấp. Phần hai sẽ bao gồm các bài toán cụ thể cho các chuyên ngành.

Nội dung của các chương được trình bày hết sức ngắn gọn với rất nhiều ví dụ minh họa, bạn đọc có thể tự kiểm tra sự nắm bắt của mình qua các bài tập và câu hỏi ôn tập. Mặc dù đã hết sức cố gắng, nhưng do trình độ có hạn, nên chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót, rất mong được bạn đọc lượng thứ và mong nhận được những nhận xét, góp ý để giáo trình ngày càng được hoàn thiện hơn. Các ý kiến của bạn đọc xin được gửi về địa chỉ của tác giả: khanhta@epu.edu.vn, hoặc địa chỉ của nhà xuất bản: NXB KH&KT 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả

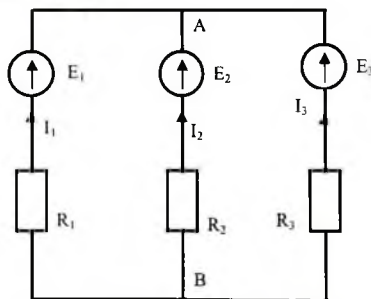
Giải mạch điện

9.1. Các phương pháp giải mạch điện

9.1.1. Phương pháp dòng điện nhánh

Xét sơ đồ mạch điện (hình 9.1a), lưu ý chiều dòng điện giả định trước trên sơ đồ, theo các định luật Kirchhoff ta thiết lập hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 &= 0; \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 &= E_1 - E_2; \\ I_2 R_2 - I_3 R_3 &= E_2 - E_3; \end{aligned} \right\} \quad (9.1)$$



Hình 9.1a. Sơ đồ mạch điện.

Biểu thị dưới dạng ma trận:

$$I.Z=U$$

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ R_1 & -R_2 & 0 \\ 0 & R_2 & -R_3 \end{bmatrix} \quad (9.2)$$

$$U = \begin{bmatrix} 0 \\ E_1 - E_2 \\ E_2 - E_3 \end{bmatrix}$$

Ma trận dòng điện chạy trên các nhánh:

$$I = U/Z \quad (9.3)$$

Hay viết dưới dạng chia trái:

$$I = Z \backslash U \quad (9.4)$$

Trên cơ sở đó ta xây dựng chương trình MATLAB xác định các giá trị của dòng điện chạy trên các nhánh dây.

```
>> disp('(a) Phương pháp dòng điện nhánh:');
R=[R1; R2; R3];           % Ma trận điện trở nhánh
E=[E1; E2; E3];           % Ma trận suất điện động nguồn
Z=[1 1 1; R(1) -R(2) 0; 0 R(2) -R(3)]; % Ma trận điện trở mạch vòng
U=[0; E(1)-E(2); E(2)-E(3)]; % Ma trận điện áp
I=Z\U; % Dòng điện trên các nhánh
disp('Ket qua la:');
disp('      I1          I2          I3')
fprintf('%g', disp([I(1), I(2), I(3)]));
```

(Lưu ý: Phần giải thích trong chương trình (sau dấu %) được viết không dấu, các kết quả hiển thị trên màn hình được thể hiện bằng chữ nghiêng).

9.1.2. Phương pháp dòng điện vòng

Theo phương pháp dòng điện vòng ta thiết lập hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} (R_1+R_2)I_{v1} - R_2I_{v2} &= E_1-E_2; \\ -R_2I_{v1} + (R_2+R_3)I_{v2} &= E_2-E_3; \\ I_1 &= I_{v1}; \quad I_2 = I_{v2}-I_{v1}; \quad I_3 = -I_{v2}. \end{aligned} \right\} \quad (9.5)$$

Chương trình MATLAB theo phương pháp dòng điện vòng được thể hiện như sau:

```
>> disp('(b) Phương pháp dòng điện vòng:');
```

```
R=[R1; R2; R3];
```

```
E=[E1; E2; E3];
```

```
Z=[R(1)+R(2) -R(2); -R(2) R(2)+R(3)];
```

```
U=[E(1)-E(2); E(2)-E(3)];
```

```
Iv=Z\U; % Dòng điện vòng
```

```
I1=Iv(1); % Dòng điện nhánh thu nhất
```

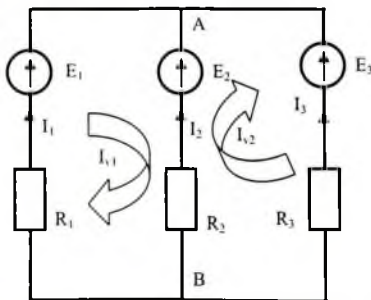
```
I2=Iv(2)-Iv(1); % Dòng điện nhánh hai
```

```
I3=-Iv(2); % Dòng điện nhánh ba
```

```
disp('Ket qua la:')
```

```
disp(' I1 I2 I3')
```

```
fprintf('%g'), disp([I1, I2, I3])
```



Hình 9.1.b. Sơ đồ mạch điện giải theo phương pháp dòng điện vòng.

9.1.3. Phương pháp điện thế nút

Theo phương pháp dòng điện vòng ta thiết lập hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= (E_1 + U_{AB}) \cdot g_1; \\ I_2 &= (E_2 + U_{AB}) \cdot g_2; \\ I_3 &= U_{AB} \cdot g_3. \end{aligned} \right\} \quad (9.6)$$

Trong đó:

$$U_{AB} = \frac{-E_1 g_1 - E_2 g_2}{g_1 + g_2 + g_3}; \quad (9.7)$$

$$g_i = \frac{1}{R_i} \quad (9.8)$$

Chương trình MATLAB theo phương pháp điện thế nút được thể hiện như sau:

```
>> disp('(c) Phương pháp điện thế nút:');  
R=[R1; R2; R3];  
E=[E1; E2; E3];  
g=1./R; % Ma trận điện dẫn  
Uab=(-E(1)*g(1)-E(2)*g(2))/sum(g); % Điện thế nút ab  
I1=(Uab+E(1))*g(1);  
I2=(Uab+E(2))*g(2);  
I3=Uab*g(3);  
disp('Kết quả là:');  
disp(' I1 I2 I3')  
fprintf('%g', disp([I1, I2, I3]))
```

9.1.4. Phương pháp xếp chồng

Theo phương pháp xếp chồng, trước hết ta tách mạch điện thành hai mạch, mỗi mạch được cung cấp bởi một nguồn độc lập, sau đó xác định giá trị dòng điện

của các nhánh ứng với từng sơ đồ và cuối cùng tổng hợp lại. Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> disp('(d) Phương pháp xếp chồng:');
R=[R1; R2; R3];
E=[E1; E2; E3];
Rtd1=R(2)*R(3)/(R(2)+R(3)); % Điện trở tương đương nhánh 2 và nhánh 3
I11=E(1)/(R(1)+Rtd1); % Dòng điện trên nhánh 1 từ nguồn 1
I12=I11*Rtd1/R(2); % Dòng điện trên nhánh 2 từ nguồn 1
I13=I11*Rtd1/R(3); % Dòng điện trên nhánh 3 từ nguồn 1
Rtd2=R(1)*R(3)/(R(1)+R(3));
I22=E(2)/(R(2)+Rtd2); % Dòng điện trên nhánh 2 từ nguồn 2
I21=I22*Rtd2/R(1); % Dòng điện trên nhánh 1 từ nguồn 2
I23=I22*Rtd2/R(3); % Dòng điện trên nhánh 3 từ nguồn 2
I1=I11-I21; % Dòng điện trên nhánh 1
I2=-I12+I22;
I3=-I13-I23;
disp('Ket qua la:')
disp(' I1 I2 I3')
fprintf('%g'), disp([I1, I2, I3]);
```

9.1.5. Giải mạch điện bằng lệnh cài trước trong MATLAB

Các bài toán mạch với sơ đồ trên có thể giải với một lệnh *giaimach(E,R)*. Muốn vậy, trước hết ta cần xây dựng một *script* và cất giữ nó dạng m.file:

```
function[I] = giamach(E,R)
Z=[1 1 1; R(1) -R(2) 0; 0 R(2) -R(3)]; % Ma tran dien tro mach vong
U=[0; E(1)-E(2); E(2)-E(3)]; % Ma tran dien ap
```

$I=Z\backslash U$; % Dòng điện trên các nhánh

disp('Ket qua la:')

disp(' I1 I2 I3')

fprintf('%g'), disp([I(1), I(2), I(3)])

Sau khi hàm đã được lưu giữ, MATLAB sẽ coi đó là hàm của mình, khi giải bài toán tương tự ta chỉ việc khai báo dữ liệu và gõ tên hàm *giaimach(E,R)* là sẽ nhận được kết quả mong muốn.

Ví dụ 9.1. Cho sơ đồ mạch điện (hình 9.2) với các nguồn điện một chiều:

$E_1 = 120V$; $E_2 = 119V$, các điện trở: $R_1=5\ \Omega$; $R_2=3\ \Omega$; $R_3=22\ \Omega$.

Hãy áp dụng chương trình MATLAB xác định các dòng điện chạy trong mạch theo các phương pháp:

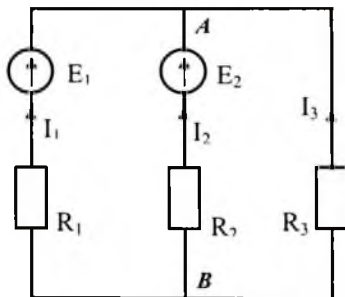
Dòng điện nhánh;

Dòng điện vòng;

Điện thế nút;

Xếp chồng và

Lệnh *giaimach*.



Hình 9.2. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.1.

Giải: Để giải toán trước hết ta cần khai báo dữ kiện bài toán, sau đó thực hiện các lệnh tính toán ứng với các phương pháp đã trình bày.

Tiện nhất ở đây ta khai báo dữ kiện dưới dạng ma trận.

a) Phương pháp dòng điện nhánh;

```
>> clear
```

```
E=[120; 119; 0];
```

```
R=[5; 3; 22];
```

```

disp('(a) Phương pháp dòng điện nhanh:');
Z=[1 1 1; R(1) -R(2) 0; 0 R(2) -R(3)]; % Ma tran dien tro mach vong
U=[0; E(1)-E(2); E(2)-E(3)]; % Ma tran dien ap
I=Z\U; % Dong dien tren cac nhanh
disp('Ket qua la:')
disp(' I1 I2 I3')
fprintf('%g'), disp([I(1), I(2), I(3)]);

```

Sau khi chuỗi lệnh ứng với từng phương pháp được thực hiện, trên màn hình xuất hiện dòng kết quả tính toán:

(a) Phương pháp dòng điện nhanh:

Kết quả là:

```

I1 I2 I3
2.0000 3.0000 -5.0000

```

Các phương pháp khác cũng được thực hiện tương tự với kết quả như sau:

(b) Phương pháp dòng điện vòng:

Kết quả là:

```

I1 I2 I3
2.0000 3.0000 -5.0000

```

(c) Phương pháp điện thế nút:

Kết quả là:

```

I1 I2 I3
2.0000 3.0000 -5.0000

```

(d) Phương pháp xếp chồng:

Kết quả là:

```

I1 I2 I3
2.0000 3.0000 -5.0000

```

(e) Giải theo lệnh *m.file*:

Kết quả là:

I1 I2 I3

2.0000 3.0000 -5.0000

Dễ dàng nhận thấy là kết quả của các phương pháp đều giống nhau. Việc so sánh ưu, nhược điểm các các phương pháp ở đây là không cần thiết, bởi vì tất cả các phương pháp đều được giải rất nhanh. Tuy nhiên, đơn giản và thuận tiện nhất vẫn là sử dụng lệnh *giaimach* đã được cài đặt trước.

9.1.6. Giải mạch điện với các tham số phức

Đối với mạch điện với các tham số phức, bài toán cũng được giải tương tự, các phương pháp giải không có gì khác biệt, chỉ có điều lưu ý là phần thực và phần ảo phải được viết liền nhau (không có dấu cách giữa dấu cộng). Ta xét bài toán này trên một ví dụ cụ thể sau:

Ví dụ 9.2: Giải bài toán mạch (hình 9.3) với các tham số phức:

$$e_1 = 120 + j82 \text{ V}; e_2 = 119 + j78 \text{ V};$$

$$Z_1 = 5 + j7,2; Z_2 = 3 + j4,5; \text{ và } Z_3 = 22 + j18,7 \Omega.$$

Giải:

Bài toán này được giải với các chương trình như đối với mạch bình thường theo các phương pháp khác nhau. Ta áp dụng lệnh *giaimach* như sau:

```
>> clear
```

```
E=[120+j*82, 119+j*78, 0];
```

```
Z=[5+j*7.2, 3+j*4.5, 22+j*19.7];
```

```
[I] = giamach(E,Z)
```

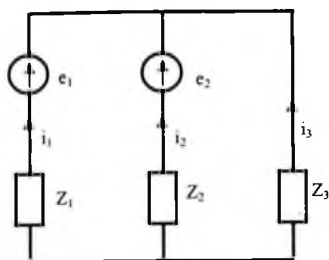
Kết quả hiển thị trên màn hình:

```
I =
```

```
1.9623 - 0.1248i
```

$$2.4581 - 0.5191i$$

$$-4.4204 + 0.6439i$$



Hình 9.3. Sơ đồ mạch điện bài toán 9.2.

9.2. Mạch điện hình sin

9.2.1. Các đại lượng mạch điện hình sin

Các đại lượng mạch điện hình sin được biểu thị dưới dạng hàm theo thời gian:

- Điện áp: $u(t) = U_m \cos(\omega t + \theta_u)$;
- Dòng điện: $i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$;
- Công suất: $s(t) = u(t) \cdot i(t) = U_m I_m \cos(\omega t + \theta_u) \cos(\omega t + \theta_i)$.

Các góc pha của điện áp và dòng điện (θ_u và θ_i) được đo bằng độ, vì vậy trước khi thực hiện các phép toán cần đổi các góc này sang radian, vì MATLAB chỉ giải các bài toán với góc đo bằng radian.

Ví dụ 9.3. Hãy xác định dòng điện và công suất của mạch điện (hình 9.4), biết điện áp nguồn $u(t) = 220 \cos \omega t$ và phụ tải $Z = 2,37 \angle 40^\circ \Omega$. Vẽ đồ thị của các đại lượng.

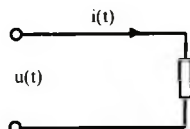
Giải: Chương trình MATLAB giải bài toán ví dụ 9.3 được thiết lập như sau:

```
Um=220; tetau=0; % Modul và góc pha của điện áp
Z=2.37; gam=40; % Modul và góc pha của điện trở phụ tải
tetai=tetau-gam; % Góc pha của dòng điện tính theo độ
teta=(tetau-tetai)*pi/180; % Đổi góc pha sang radian
```

```

Im=Um/Z;           % Bien do dong dien
wt=0:.05:2*pi;      % Khoang bien doi cua wt
u=Um*cos(wt);       % Dien ap u(t)
i=Im*cos(wt+tetai*pi/180); % Dòng điện i(t)

```



Hình 9.4. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.3.

```

p=u.*i;           % Gia tri tức thời của công suất
U=Um/sqrt(2);     % Gia tri hiệu dụng của điện áp
I=Im/sqrt(2);     % Gia tri hiệu dụng của dòng điện
P=U*I*cos(teta)   % Gia tri trung bình của công suất tác dụng
Q=U*I*sin(teta)   % Gia tri công suất phản kháng
S=P+j*Q           % Biểu thị công suất dưới dạng phức
p=P*(1+cos(2*(wt+tetau))); % Hàm biến đổi công suất tác dụng
px=Q*sin(2*(wt+tetau)); % Hàm biến đổi của công suất phản kháng
pp=P*ones(1,length(wt)); % Gia tri trung bình của cs phụ thuộc vào w
xline=zeros(1,length(wt)); % Tạo lập vector zero
wt=180/pi*wt;      % Đổi góc radian ra độ
subplot(2,2,1), plot(wt,v,wt,i,wt,xline), grid % Vẽ đồ thị
title('Điện áp và dòng điện')
xlabel('wt, độ'), ylabel('U, I, ')
subplot(2,2,2), plot(wt,p,wt,xline),grid
title('Công suất toàn phần')
xlabel('wt, độ'), ylabel('S, VA')
subplot(2,2,3), plot(wt,pr), grid
title('Công suất tác dụng')
xlabel('wt, độ'), ylabel('p, W ')
subplot(2,2,4), plot(wt,px),grid

```

title('Công suất phản kháng')

xlabel('wt, độ'), ylabel('q, VAr')

Kết quả là :

$P =$

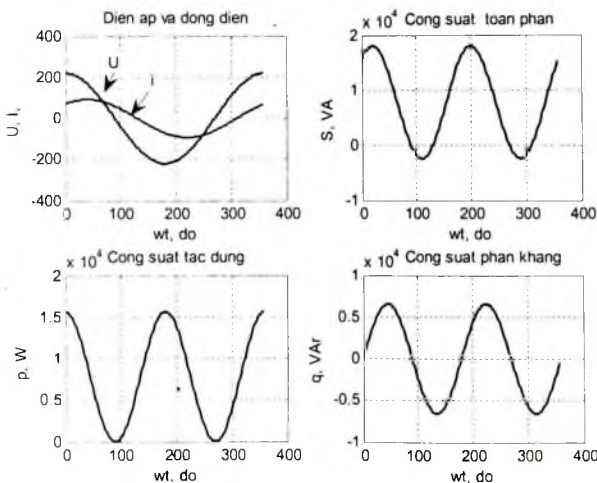
$7.8221e+003$

$Q =$

$6.5635e+003$

$S =$

$7.8221e+003 + 6.5635e+003i$



Hình 9.5. Đồ thị các tham số của mạch điện ví dụ 9.3.

Ví dụ 9.4: Nguồn điện xoay chiều $u(t) = U_m \sin(\omega t + \Psi_u)$, tần số 50 Hz được nối với điện trở $R = 10 \, \Omega$ và cuộn dây $L = 16 \, \text{mH}$, điện trở shunt $R_{sh} = 0,1 \, \Omega$ (hình

9.6). Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của điện áp U_{RL} . Các thành phần U_R và U_L .
Vẽ đồ thị của các đại lượng này.

Giải: Trước hết ta viết chương trình
MATLAB

```
>> R = 10; Rsh = 0.1; Ish=1; f=50;  
L=16*10^-3;
```

```
t=0:0.0001:0.04;
```

```
omega=2*pi*f; % Biểu thị giá trị của omega
```

```
X=omega*L; % Biểu thị giá trị của điện trở kháng
```

```
Ushr=Ish*R; % Do rơi điện áp trên điện trở thuần
```

```
Ushx = Ish*X; % Do rơi điện áp trên điện trở X
```

```
UR=Ushr/sqrt(2); % Giá trị hiệu dụng của điện áp trên phần tử điện trở R
```

```
UL=Ushx/sqrt(2); % Giá trị hiệu dụng của điện áp trên phần tử cảm kháng
```

```
URL=UR*sqrt(2); % Mô đun điện áp tổng
```

```
UshRL=Ushr*sqrt(2); % Modun điện áp trên điện trở thuần
```

```
uR=Ushr*sin(omega*t); % Hàm biến thiên của điện áp trên phần tử R
```

```
uL= Ushx*sin(omega*t+pi/2); % Hàm biến thiên của điện áp trên phần tử L
```

```
phi=atan(Ushx / Ushr);
```

```
uRL=UshRL*sin(omega*t+phi); % Hàm biến thiên của điện áp trên phần tử
```

R&L

```
format bank
```

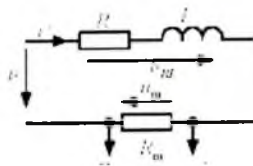
```
disp('Ket qua la:')
```

```
disp('      UR          UL          URL')
```

```
fprintf('%g'), disp([UR, UL, URL])
```

```
plot(t,uR, t,uL, t,uRL), grid
```

```
xlabel('t'), ylabel('U, V')
```

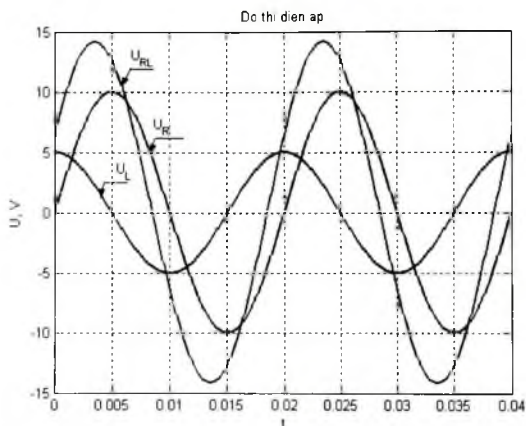


Hình 9.6. Sơ đồ mạch điện bài toán ví dụ 9.4.

title('Đồ thị điện áp')

Kết quả là:

U_R	U_L	U_{RL}
7.07	3.55	10.00



Hình 9.7. Biểu đồ điện áp bài toán ví dụ 9.4.

Các đại lượng tính toán:

$$\Psi_u = \arctg(U_L/U_R) = \pi/4 \text{ (vì } \Psi_i=0)$$

$$u_{RL}=U_{mRL}.\sin(\omega t+\Psi_u),$$

$$u_R=U_{mR}\sin(\omega t);$$

$$u_L=U_{mL}\sin(\omega t+\pi/2),$$

Ví dụ 9.5: Cho mạch điện hình 9.8 với nguồn điện áp hình sin tần số 50 Hz: $u=U_m\sin(\omega t)$ V. Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện chạy trong mạch, biết $U_m=141\text{V}$; $R=50\ \Omega$ và $C = 86,54\ \mu\text{F}$. Vẽ đồ thị biến thiên của điện áp.

Giải:

Giá trị điện trở dung kháng xác định theo biểu thức:

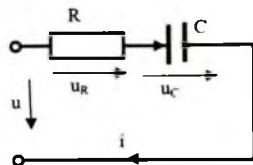
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Điện trở toàn phần

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Modun dòng điện

$$I_m = \frac{U_m}{Z}$$



Hình 9.8. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.5.

Giá trị tức thời của dòng điện và điện áp:

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i)$$

$$u_R = U_{mR} \sin(\omega t + \Psi_i)$$

$$u_C = U_{mC} \sin(\omega t + \Psi_i - \pi/2)$$

Ta viết chương trình MATLAB như sau:

```
>> Um=141; f=50; R=40; C=86.54;
```

```
t=0:0.001:0.02; % Cho t biến thiên
```

```
omega=2*pi*f;
```

```
X=10^6/(pi*2*50*C); % Điện trở dung kháng
```

```
Z=sqrt(R^2+X^2);
```

```
Im=Um/Z;
```

```
UmR=Im*R;
```

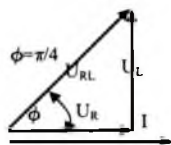
```
UmC=Im*X;
```

```
phi=atan(-X/R);
```

```
i=Im*sin(omega*t+phi); % Giá trị tức thời của dòng điện
```

```
ur=UmR*sin(omega*t+phi); % Giá trị tức thời của điện áp UR
```

```
uc=UmC*sin(omega*t+phi-pi/2); % Giá trị tức thời của điện áp UC
```



Hình 9.9. Biểu đồ vector điện áp ví dụ 9.5.

```
I = Im/sqrt(2);    % Gia tri hieu dung cua dong dien
```

```
Ur = UmR/sqrt(2); % Gia tri hieu dung cua dien ap
```

```
Uc =UmC/sqrt(2);   format bank
```

```
disp('Ket qua la:')
```

```
disp('      I      Ur      Uc')
```

```
fprintf('%g'), disp([I, Ur, Uc])
```

```
plot(t,ur,t,uc)
```

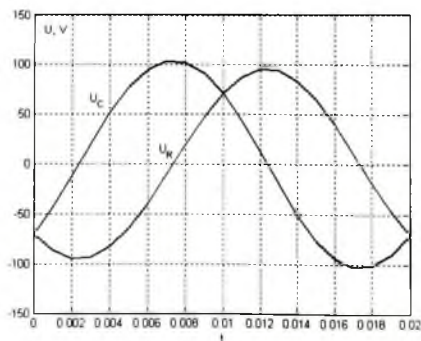
```
xlabel('t'); ylabel('I,U')
```

```
grid
```

Ket qua la:

<i>I</i>	<i>Ur</i>	<i>Uc</i>
----------	-----------	-----------

1.83	73.39	67.49
------	-------	-------



Hình 9.10. Đồ thị điện áp ví dụ 9.5.

Ví dụ 9.6: Hãy xác định giá trị dòng điện và công suất tác dụng trên đầu vào mạng hai cực hình 9.11, biết điện áp trên đầu vào là $U = 12 \text{ V}$, các giá trị điện dẫn tác dụng và phản kháng tương ứng là : $G = 0,013 \text{ 1}/\Omega$ và $B=0,020 \text{ 1}/\Omega$.

Giải:

Xác định giá trị điện dẫn:

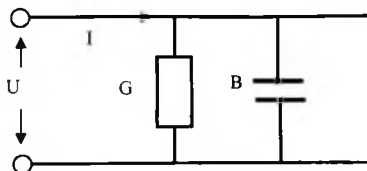
$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Giá trị dòng điện:

$$I = UY$$

Công suất được xác định theo biểu thức:

$$P = U I \cos \varphi = U I \frac{G}{Y}$$



Hình 9.11. Sơ đồ mạch điện
ví dụ 9.6.

Chương trình MATLAB được thực hiện lệnh như sau:

```
>> U = 12; G=0.013; B = 0.020;
```

```
Y = sqrt(G^2+B^2);
```

```
I=U*Y;
```

```
P=U*I*U/Y;
```

```
disp('I,A      P, W')
```

```
fprintf('%g'), disp([I, P])
```

Kết quả là:

```
I,A      P, W  
0.29    1729.00
```

Ví dụ 9.7: Giá trị hiệu dụng của điện áp trên đầu vào mạch điện hình 9.12 là $U=112\angle 2$ V. Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của dòng điện chạy trong mạch, biết $C = 85 \mu\text{F}$, $R=65\Omega$, $L = 180 \text{ mH}$, tần số $f = 50 \text{ Hz}$.

Giải:

Đây là bài toán với mạch điện kinh điển gồm các phần tử tác dụng, dung kháng và cảm kháng. Trước hết ta cần biểu thị các giá trị điện trở của các phần tử:

$\omega=2\pi f$; $X_L = \omega L$; $X_C = 1/(\omega C)$, sau đó mạch điện được giải theo các phương pháp thông thường như đã xét (xem Ví dụ 9.1).

Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> U=112*exp(j*2); C=85*10^-6; R=65; L=180*10^-3; f=50;
```

```
omeg=2*pi*f; % Biểu thị giá trị của omega
```

```
XL=omeg*L;
```

```
Xc=1/(omeg*C);
```

```
Z1= -j*Xc;
```

```
Z2 = R;
```

```
Z3 = j*XL;
```

```
E=[ U, 0, 0];
```

```
Z=[Z1, Z2, Z3];
```

```
[I] = gaimach(E,Z)
```

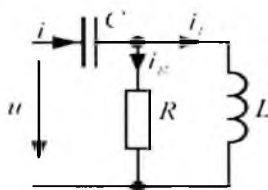
Kết quả là:

```
I =
```

```
-2.2677 + 3.2109i
```

```
2.5669 - 0.2603i
```

```
0.2992 + 2.9505i
```



Hình 9.12. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.7.

Ví dụ 9.8: Có hai nguồn điện $e_1 = 220\angle -7^\circ \text{ V}$ và $e_2 = 210\angle 0,5^\circ \text{ V}$ được nối với nhau qua điện trở $Z = 1,2 + j9,5 \, \Omega$ (hình 9.13). Hãy xác định công suất cung cấp hoặc nhận bởi các nguồn và vẽ đồ thị biến đổi của chúng theo sự biến đổi của góc pha điện áp nguồn 1.

Giải:

Điện áp được biểu thị như sau:

$$U = e_1(\cos\delta + j\sin\delta);$$

Giá trị dòng điện chạy trong mạch:

$$I_{12} = \frac{|U_1| \angle \delta_1 - |U_2| \angle \delta_2}{|Z| \angle \gamma} = \frac{|U_1|}{|Z|} \angle (\delta_1 - \gamma) - \frac{|U_2|}{|Z|} \angle (\delta_2 - \gamma)$$

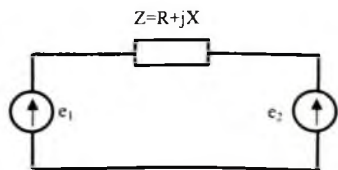
Công suất truyền tải:

$$S_{12} = U_1 I_{12}^* = |U_1| |\angle \delta_1| \left[\frac{|U_1|}{|Z|} \angle (\gamma - \delta_1) - \frac{|U_2|}{|Z|} \angle (\gamma - \delta_2) \right]$$

$$= \frac{|U_1|}{|Z|} \angle \gamma - \frac{|U_1| |U_2|}{|Z|} \angle (\gamma + \delta_1 - \delta_2)$$

Ta viết chương trình cho MATLAB như sau:

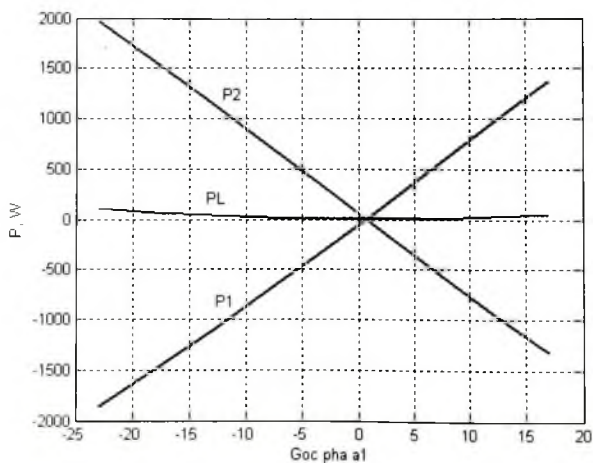
```
>> e1=220; a1 = -3; e2 = 210; a2 = 0.5; R=1.2; X=9.5;
Z=R+j*X; % Dien tro duong day
a1=(-20+a1:5:20+a1)'; % Cho goc a1 bien thien tu -20 den 20
a1r=a1*pi/180; % Doi goc a1 sang radian
k=length(a1); % Kich thuc cua day a1 (so phan tu)
a2=ones(k,1)*a2; % Tao mang voi do dai cua a2
a2r=ones*k*pi/180; % Chuyen doi do ra radian
U1=e1*cos(a1r)+j*e1.*sin(a1r);
U2=e2*cos(a2r)+j*e2.*sin(a2r);
I12=(U1-U2)./Z; I21=-I12;
S1=U1.*conj(I12); P1=real(S1); Q1=imag(S1);
S2=U2.*conj(I21); P2=real(S2); Q2=imag(S2);
SL=S1+S2; PL=real(SL); QL=imag(SL);
format bank % Hai chu so thập phân
disp(' Delta 1   P1, W   P2   PL')
Ketqua = [a1, P1, P2, PL]
disp('Ketqua')
plot(a1,P1, a1,P2, a1,PL)
xlabel('Goc pha a1'), ylabel('P, W')
grid;
```



Hình 9.13. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.8.

Ketqua =

Delta l	P1, W	P2	PL
-23.00	-1865.89	1971.75	105.86
-19.00	-1496.69	1563.88	67.19
-13.00	-1111.27	1149.50	37.23
-9.00	-712.58	729.78	16.20
-3.00	-303.64	307.90	4.25
2.00	112.43	-110.93	1.49
7.00	532.46	-524.53	7.93
12.00	953.26	-929.74	23.53
17.00	1371.63	-1323.48	49.15



Hình 9.14. Biểu đồ công suất ví dụ 9.8.

Ví dụ 9.9: Hãy xác định giá trị dòng điện chạy trong mạch hình 9.15, biết: $e(t) = 12\sin(\omega t)$ V; $R = 62 \text{ k}\Omega$; $C = 0.075 \text{ }\mu\text{F}$; $Z = 13.5 + j28 \text{ k}\Omega$. $f = 50 \text{ Hz}$.

Modun của điện áp là $E_m = 12 \text{ V}$.

Giải:

Trước hết ta xác định điện trở trên các đoạn:

$$X_1 = X_3 = -j1/(\omega C); R$$

Biến đổi tam giác với các cạnh $Z_1 = X_{C1}$, $Z_2 = R$, $Z_3 = X_{C3}$ thành hình sao:

$$Z_{12} = \frac{X_{C1} \cdot R}{d}; \quad Z_{13} = \frac{X_{C1} \cdot X_{C3}}{d}; \quad Z_{23} = \frac{R \cdot X_{C3}}{d}$$

Với: $d = X_{C1} + R + X_{C3}$;

Ta nhận được sơ đồ mới hình 9.16.

$$Z_1 = Z_{12}; Z_2 = Z_{13} + R/2; Z_3 = Z_{23} + Z.$$

Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> Um= 12; f=50;
```

```
R = 62; C = 0.075*10^-6;
```

```
Z = 13.5 + j*28;
```

```
omeg = 2*pi*f;
```

```
Xc = - 1/(omeg*C);
```

```
d=2*Xc+R;
```

```
Z12=Xc*R/d;
```

```
Z13 = 2*Xc/d;
```

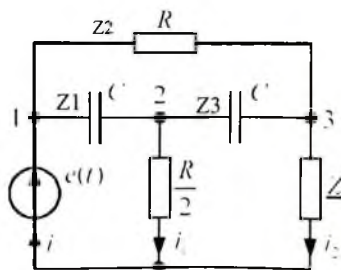
```
Z23 = R*Xc/d;
```

```
Z1=Z12; Z2 = Z13+R/2;
```

```
Z3 = Z23+Z;
```

```
E=[ Um, 0, 0];
```

```
Z=[Z1, Z2, Z3];
```



Hình 9.15. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.9.

$[I] = \text{giaimach}(E, Z);$

$I_m = \text{abs}(I);$

$\theta = \text{angle}(I);$

Kết quả nhận được là:

$I_m =$

0.2334

0.1507

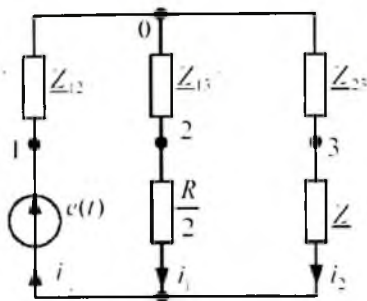
0.0917

$\theta =$

-0.0841

-3.0151

-0.4349



Hình 9.16. Sơ đồ biến đổi mạch điện ví dụ 9.9

Tức là ta đã tìm được các giá trị tức thời của dòng điện chạy trong mạch là:

$$i = 0,2334\sin(\omega t - 0,0841), \text{ mA}$$

$$i_1 = 0,1507\sin(\omega t - 3,0151), \text{ mA}$$

$$i_2 = 0,0917\sin(\omega t - 0,4349), \text{ mA}.$$

9.2.2. Mạch điện xoay chiều ba pha đối xứng

Các đại lượng của mạch điện ba pha đối xứng được biểu thị dưới dạng:

- Điện áp:

$$u_a = \sqrt{2}|U_p|\cos(\omega t + \theta_u)$$

$$u_b = \sqrt{2}|U_p|\cos(\omega t + \theta_u - 120^\circ) \quad (9.9)$$

$$u_c = \sqrt{2}|U_p|\cos(\omega t + \theta_u - 240^\circ)$$

- Dòng điện:

$$i_a = \sqrt{2}|I_p|\cos(\omega t + \theta_i)$$

$$i_b = \sqrt{2}|I_p|\cos(\omega t + \theta_i - 120^\circ) \quad (9.10)$$

$$i_c = \sqrt{2}|I_p|\cos(\omega t + \theta_i - 240^\circ)$$

- Công suất:

$$P_{3p} = 3|U_p||I_p|\cos\theta \quad Q_{3p} = 3|U_p||I_p|\sin\theta \quad (9.11)$$

$$\theta = \theta_u - \theta_i;$$

$$S_{3p} = 3U_p I_p^* \quad (9.12)$$

I_p^* - liên hợp phức của dòng điện pha.

Bài toán xác định các đại lượng trong mạch điện ba pha đối xứng có thể được giải theo hai phương pháp: Theo định luật Kirchhoff hoặc theo phương pháp phân tích các thành phần đối xứng.

1) Phương pháp định luật Kirchhoff

Đối với mạch điện ba pha, định luật Kirchhoff 2 được biểu thị dưới dạng ma trận:

$$\begin{pmatrix} Z_s - Z_m & -(Z_s - Z_m) & 0 \\ 0 & (Z_s - Z_m) & -(Z_s - Z_m) \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} |U_L| \angle \pi/6 \\ |U_L| \angle -\pi/6 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (9.13)$$

Trong đó:

Z_s – điện trở nối tiếp của mạch điện;

Z_m – điện trở hồ cảm giữa các pha;

I_a, I_b, I_c – dòng điện các pha;

U_L – điện áp dây

Hoặc dưới dạng ngắn gọn:

$$Z_{m\pi} I^{abc} = U_{m\pi}$$

Từ đó: $I^{abc} = Z_{m\pi}^{-1} U_{m\pi}$

2) Phương pháp phân tích các thành phần đối xứng

Các thành phần điện áp thứ tự không, thứ tự thuận và thứ tự nghịch được xác định theo biểu thức:

$$U^{012} = Z^{012} I^{012} \quad (9.14)$$

Trong đó:

$$U^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ U_a \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9.15)$$

Ma trận điện trở:

$$Z^{012} = \begin{bmatrix} Z_s + 2Z_m & 0 & 0 \\ 0 & Z_s - Z_m & 0 \\ 0 & 0 & Z_s - Z_m \end{bmatrix} \quad (9.16)$$

Giá trị dòng điện thứ tự không, thứ tự thuận và thứ tự nghịch được xác định theo biểu thức:

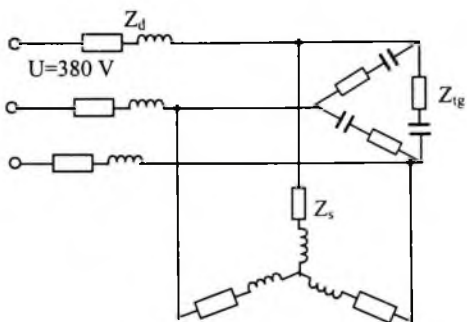
$$I^{012} = [Z^{012}]^{-1} U^{012} \quad (9.17)$$

Giá trị dòng điện các pha:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a^0 \\ I_a^1 \\ I_a^2 \end{bmatrix} \quad (9.18)$$

Trong đó a là toán tử quay: $a = 1\angle 120^\circ$, $a^2 = 1\angle 240^\circ$, $a^3 = 1$.

Ví dụ 9.10: Mạch điện ba pha hình 9.17 với nguồn điện đối xứng điện áp $U=380V$ cung cấp cho hai phụ tải: phụ tải thứ nhất mắc theo hình sao điện trở của mỗi pha là $Z_s = 25+j40 \Omega$; phụ tải thứ hai mắc theo hình tam giác, điện trở mỗi pha là $Z_{\Delta} = 50-j35 \Omega$. Điện trở của đường dây là $Z_d = 3+j5 \Omega$.



Hình 9.17. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.10.

Hãy xác định:

- Dòng điện, công suất tác dụng và công suất phản kháng cấp đến từ nguồn;
- Điện áp dây tại đầu vào của phụ tải hỗn hợp;
- Dòng điện pha của mỗi phụ tải;
- Công suất tác dụng và phản kháng của tải và đường dây.

Giải: Chương trình cho MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> clear all
```

```
U=380; Zd=3+j*5;
```

```
Ztg=50-j*35; % Điện trở của phụ tải tam giác
```

```
Zs=25+j*46; % Điện trở của phụ tải sao
```

```
Z2 = Ztg/3; % Điện trở một pha của phụ tải tam giác
```

```
U1=U/sqrt(3); % Điện áp pha
```

```
Z = Zd+(Z2*Zs)/(Z2+Zs); % Tổng trở
```

```
I=U1/Z; % Dòng điện chạy trên dây dẫn
```

```
S=3*U1*conj(I); % Công suất ba pha
```

```

dU=Zd*I;          % Ton that dien ap tu nguon den cac diem tai
U2=U1-dU;         % Dien ap tren dau vao phu tai
a30=30*pi/180; % Chuyen doi goc 30 do ra radian
U2d = sqrt(3)*exp(j*a30)*U2;    % Dien ap day o cuoi phu tai
Is = U2/Zs;        % Dong dien pha cua phu tai sao
Itg = U2/Z2;       % Dong dien pha cua phu tai tam giac
Iab = Itg/(sqrt(3)* exp(j*a30)); % Dong dien chay trong cuon day tam giac
S1=3*U2*conj(Is); % Cong suat phu tai sao
S2=3*U2*conj(Itg); % Cong suat phu tai tam giac
dS = 3*Zd*I^2;    % Ton that cong suat tren duong day
Ssum = S1+S2+dS;  % Tong cong suat tu nguon
disp(' I, A    S, VA    U2, V  Is    Itg  Iab  S1  S2    dS
      Ssum')
Kq = [I,S,U2,Is,Itg,Iab,S1,S2,dS,Ssum]

```

Kết quả là:

I, A	S, VA	U2, V	Is	Itg	Iab	S1	S2	dS	Ssum
9.87	6493.87	189.55	0.90	9.96	5.45	1037.33	4579.86	949.27	6566.47

Ví dụ 9.11. Mạng điện ba pha đối xứng 220 V (hình 9.18), điện trở mỗi pha $Z_n=2+j5,2 \Omega$, điện trở hồ cảm giữa các pha $Z_m=j3,2 \Omega$. Điện trở dây trung tính $Z_n=3+j*6,4$. Hãy xác định dòng điện chạy trong các pha:

Giải: Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```

>> a=-0.5+j*0.866;
Zs=2+j*5.2; Zm=j*3.20;
Ua=220; U1=Ua*sqrt(3);
Zn=3+j*6.4;
Z=[Zs+Zn Zm+Zn Zm+Zn

```

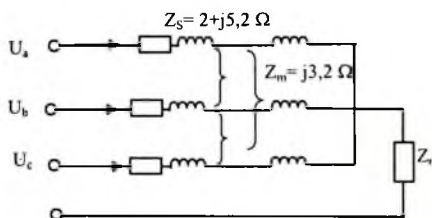
```

Zm+Zn Zs+Zn Zm+Zn
Zm+Zn Zm+Zn Zs+Zn];
U = [U1 U1*a^2 U1*a];
y=inv(Z);
Iabc=y*U';
Iabcp=[abs(Iabc), angle(Iabc)*180/pi];
disp(' I, A          goc, do ')
fprintf('%g'), disp([abs(Iabc), angle(Iabc)*180/pi])

```

Kết quả là:

<i>I, A</i>	<i>goc, do</i>
134.7201	-45.0000
134.7169	74.9992
134.7199	-165.0014



Hình 9.18. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.11.

Ví dụ 9.12: Nguồn điện ba pha đối xứng 120 V (hình 9.19) cung cấp cho phụ tải đấu theo hình sao, trung tính cách ly. Mỗi pha có điện trở $Z_s = 2,3 + j0,8 \, \Omega$, điện trở hồ cảm giữa các pha $Z_m = j2,4 \, \Omega$. Hãy xác định dòng điện chạy trên các pha theo phương pháp:

Định luật Kirchhoff;

Phân tích các thành phần đối xứng.

Giải:

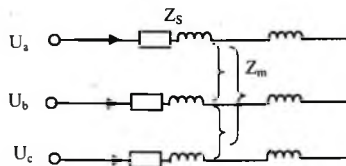
a) Giải mạch điện theo định luật Kirchhoff

Áp dụng định luật Kirchhoff ta có hệ phương trình:

$$Z_s I_a + Z_m I_b - Z_s I_b - Z_m I_a = U_a - U_b = |U_L| \angle \pi / 6 ;$$

$$Z_s I_a + Z_m I_c - Z_s I_c - Z_m I_b = U_b - U_c = |U_L| \angle -\pi/6;$$

Và: $I_a + I_b + I_c = 0$



Hình 9.19. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.12.

Biểu thị dưới dạng ma trận:

$$\begin{pmatrix} Z_s - Z_m & -(Z_s - Z_m) & 0 \\ 0 & (Z_s - Z_m) & -(Z_s - Z_m) \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} |U_L| \angle \pi/6 \\ |U_L| \angle -\pi/6 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Hoặc dưới dạng ngắn gọn:

$$Z_{me} I^{abc} = U_{me}$$

Từ đó: $I^{abc} = Z_{me}^{-1} U_{me}$

Chương trình Matlab được viết như sau:

```
>> clear
Zs=2.3+j*0.8; Zm=j*2.4; Ua=120; UL=sqrt(3)*Ua;
Z=[(Zs-Zm) -(Zs-Zm) 0; 0 (Zs-Zm) -(Zs-Zm); 1 1 1];
disp('(a) Phương pháp DL Kirchhoff:');
U=[UL*cos(pi/6)+j*UL*sin(pi/6), UL*cos(-pi/2)+j*UL*sin(-pi/2); 0];
Y=inv(Z);
Iabc=Y*U;
Iabcp=[abs(Iabc), angle(Iabc)*180/pi];
disp(' Iabcp, A ')
```

```
fprintf('%g'), disp([Iabcp]))
```

Kết quả nhận được là:

(a) Phương pháp DL Kirchhoff:

Iabcp =

42.8298 34.8245

42.8298 -85.1755

42.8298 154.8245

(b) Áp dụng phương pháp phân tích các thành phần đối xứng

Chương trình MATLAB soạn thảo theo phương pháp phân tích các thành phần đối xứng được thể hiện như sau:

```
>> disp('(b) Phương pháp các thành phần đối xứng:');
```

```
Z012=[Zs+2*Zm 0 0;
```

```
0 Zs-Zm 0;
```

```
0 0 Zs-Zm];
```

```
U012=[0; Ua; 0];
```

```
I012=inv(Z012)*U012;
```

```
a=cos(2*pi/3)+j*sin(2*pi/3); % Toán tử quay
```

```
A=[1 1 1; 1 a^2 a; 1 a a^2];
```

```
Iabc=A*I012;
```

```
Iabcp=[abs(Iabc), angle(Iabc)*180/pi];
```

```
disp(' Iabcp, A ')
```

```
fprintf('%g'), disp([Iabcp]);
```

Kết quả nhận được là:

(b) Phương pháp các thành phần đối xứng:

Iabcp =

42.8298 34.8245

42.8298 -85.1755

42.8298 154.8245

Như vậy ta thấy kết quả nhận được theo hai phương pháp hoàn toàn không có sự khác biệt nào.

9.2.3. Mạch điện ba pha không đối xứng

Trong bài toán giải mạch điện ba pha không đối xứng chúng ta có thể sử dụng một số lệnh có sẵn trong Power system toolbox của MATLAB như *zabc2sc*; *abc2sc*; *rec2pol*; *sc2abc* để phân tích và tổng hợp các thành phần đối xứng của điện trở, điện áp và dòng điện. (Lưu ý là chỉ các phiên bản MATLAB có bản quyền mới có các lệnh này). Ta xét phương pháp giải mạch điện ba pha không đối xứng qua ví dụ cụ thể sau:

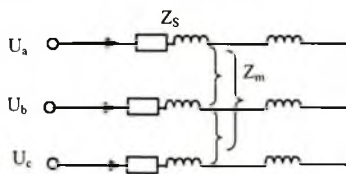
Ví dụ 9.13 Cho mạch điện không đối xứng (hình 9.20), với điện áp các pha:

$$U^{abc} = \begin{bmatrix} 180\angle 30^\circ \\ 110\angle -120^\circ \\ 76\angle 115^\circ \end{bmatrix}$$

Phụ tải các pha là $Z_s = 1,8 + j3 \, \Omega$ và

điện trở tương hỗ giữa các pha là

$Z_m = j3,2 \, \Omega$. Hãy xác định:



Hình 9.20. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.13.

(a) Ma trận điện trở của phụ tải $Z^{012} = A^{-1} Z^{abc} A$;

(b) Các thành phần đối xứng của điện áp;

(c) Các thành phần đối xứng của dòng điện;

(d) Dòng điện pha của phụ tải;

(e) Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng các thành phần đối xứng;

(f) Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng công suất theo từng pha.

Giải: Chương trình MATLAB được thiết lập như sau:

```
>> clear

% Ma tran dien ap
Uabc= [180, 30
        110, -120
        76, 115];

% Ma tran dien tro
Zabc=[1.8+j*3, j*3.2, j*3.2
      j*3.2, 1.8+j*3, j*3.2
      j*3.2, j*3.2, 1.8+j*3];

% Cac thanh phan doi xung cua dien tro
Z012=zabc2sc(Zabc)

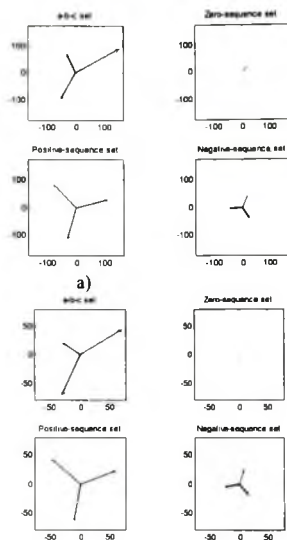
% Cac thanh phan doi xung cua dien ap
U012=abc2sc(Uabc);
U012p=rec2pol(U012)

% Cac thanh phan doi xung cua dong dien
I012=inv(Z012)*U012;
I012p=rec2pol(I012)
Iabc=sc2abc(I012);
Iabcp=rec2pol(Iabc)

% Cong suat theo thanh phan doi xung
S3ph_sc=3*(U012.')*conj(I012)
Uabcr=Uabc(:, 1).*(cos(pi/180*Uabc(:, 2))+j*sin(pi/180*Uabc(:,2)));

% Cong suat theo tung pha
S3ph=(Uabcr.')*conj(Iabc)
```

Kết quả thể hiện trên màn hình là:



Hình 9.21. Biểu đồ vector các thành phần đối xứng của điện áp (a) và của dòng điện (b) ví dụ 9.13.

$Z_{012} =$

$$\begin{bmatrix} 1.8000 + 9.4000i & -0.0000 & -0.0000 - 0.0000i \\ -0.0000 - 0.0000i & 1.8000 - 0.2000i & -0.0000 - 0.0000i \\ -0.0000 + 0.0000i & 0 - 0.0000i & 1.8000 - 0.2000i \end{bmatrix}$$

$U_{012p} =$

$$\begin{bmatrix} 31.2264 & 42.7726 \\ 117.2078 & 13.7165 \\ 45.2318 & 65.0254 \end{bmatrix}$$

I012p =

3.2627 -36.3871

64.7172 20.0567

24.9751 71.3656

Iabc_p =

83.8286 31.6000

77.9482 -115.0741

36.9455 145.6041

S3_{ph_sc} =

2.6043e+004 -2.5870e+003i

S3_{ph} =

2.6043e+004 -2.5870e+003i

9.3. Tính toán quá trình quá độ trong mạch điện hình sin

Quá trình quá độ trong mạch điện xảy ra khi đóng mở các tiếp điểm. Bài toán phân tích quá trình quá độ trong mạch điện có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp kinh điển, phương pháp toán tử, phương pháp mô phỏng v.v.

9.3.1. Phương pháp kinh điển

Phương pháp kinh điển tính toán quá trình quá độ được bắt đầu bằng việc thiết lập các phương trình trạng thái mạch sau khi đóng cắt theo các định luật Kirchhoff. Nếu dữ liệu cho trước là suất điện động (sdd), thì các biến cần tìm là các dòng điện trong các nhánh. Phương trình vi phân của mạch có dạng:

$$\sum_{s=0}^n a_s \frac{d^s i_k}{dt^s} = f_k(t).$$

Số hạng tự do f_k có chứa sdd của các nguồn.

Việc giải các phương trình vi phân có thể áp dụng các lệnh trong MATLAB như: ode45, ode23, ode113, ode15s, ode23s, ode23t,... (xem mục 7.6.2.7 chương 7). Cú pháp giải phương trình vi phân bằng các lệnh ode là:

```
>> [t, y] = ode***(f, ts, y0 )
```

Trong đó:

ode*** là tên của các lệnh nêu trên;

f – hàm biểu thị về phải của phương trình;

ts – khoảng thời gian từ thời điểm đầu (t_0 đến thời điểm xét t_c);

y0 – điều kiện ban đầu.

9.3.2. Phương pháp toán tử

Nội dung cơ bản của phương pháp toán tử là nguyên hàm biến số thực t được thay thế bởi biến phức, gọi là ảnh. Kết quả dẫn đến sự thay thế phương trình vi phân bằng phương trình đại số. Nghiệm của các phương trình đại số này nhận được dưới dạng ảnh. Sau đó sẽ thực hiện phép chuyển đổi ngược. Trong MATLAB việc chuyển đổi xuôi được thực hiện bởi lệnh *laplace* và biến đổi ngược – bởi lệnh *ilaplace* trong Symbolic Math Toolbox (xem mục 7.6.3 chương 7).

9.3.3. Phương pháp mô phỏng Simulink

Để giải phương trình vi phân bằng sơ đồ mô phỏng Simulink, trước hết cần xây dựng sơ đồ mô phỏng gồm các khối chức năng (Xem mục 8.3 chương 8). Gán các tham số cần thiết cho các khối theo dữ kiện đầu bài. Sau khi đã hoàn tất việc xây dựng sơ đồ, nối liên kết các khối chức năng và cho Simulink khởi động bằng cách kích và lệnh **Start** trong menu **Simulation**. Kết quả nhận được dưới dạng đồ thị do khối Scope cung cấp. Chúng ta xét ví dụ cụ thể sau:

Ví dụ 9.14. Cho mạch điện RLC với các tham số $L=2$ Henri; $R=1,2 \Omega$; $C=0,5$ Fara. Biết ở thời điểm ban đầu dòng điện $i_L(0)=0$ và điện áp tại tụ $U_C(0)=0,3V$, điện áp nguồn $E=1,5V$. Hãy xác định và vẽ đồ thị dòng điện trong mạch trong khoảng thời gian 15s kể từ khi đóng công tắc theo các phương pháp:

Kinh điển;

Toán tử Laplace;

Mô phỏng Simulink.

Giải: Bài toán có thể giải theo ba phương pháp:

a) *Phương pháp kinh điển*

Trước hết ta viết phương trình cho mạch:

$$R.i + L \frac{di}{dt} + U_C = E$$

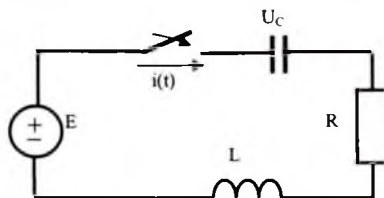
$$i = C \frac{dU_C}{dt}$$

Đặt $x_1 = U_C$ và $x_2 = i$;

Khi đó:

$$x_1' = \frac{x_2}{C}$$

$$x_2' = \frac{1}{L}(E - x_1 - R.x_2)$$



Hình 9.22. Sơ đồ mạch điện ví dụ 9.14.

Để tiện cho việc áp dụng lệnh *ode*, ta thiết lập một scrip dạng:

```
function xdot = mqdo(t,x);
```

```
E = 1.5; R = 1.2; L = 2; C = 0.5;
```

```
xdot = [x(2)/C ; 1/L*( E - x(1) - R*x(2) )];
```

Sau khi scrip này được cất giữ trong m.file ta thực hiện các lệnh:

```
>> t0= 0; tc = 15; % khoảng thời gian
```

```
x0 = [0.3, 0]; % Điều kiện ban đầu
```

```
ts = [t0, tc];
```

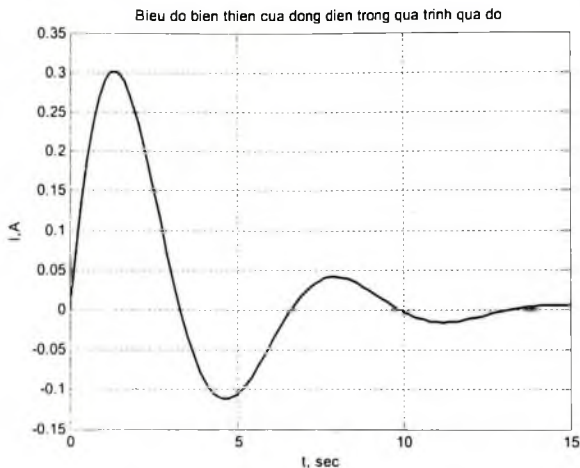
```
[t,x] = ode45('mqdo', ts, x0);
```

```
plot(t,x(:,2)), grid
```

```
title('Biểu đồ biến thiên của dòng điện trong quá trình quá độ')
```

xlabel('t, sec'), ylabel('I,A')

Kết quả nhận được đồ thị biến đổi của dòng điện và điện áp qua tụ như hình 9.23a sau:



Hình 9.23a. Đồ thị biến thiên của dòng điện quá độ theo phương pháp kinh điển.

b) Phương pháp toán tử

Trước hết ta viết phương trình mạch điện dưới dạng toán tử:

$$R \cdot I(p) + pL \cdot I(p) + \frac{1}{p \cdot C} \cdot I(p) = \frac{E}{p} + L \cdot i(0_+) - \frac{u_c(0_+)}{p};$$

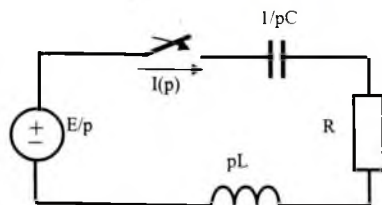
Chương trình MATLAB:

```
>> clear
```

```
E = 1.5; R = 1.2; L = 2;
```

```
C = 0.5; uc=0; io=0;
```

```
p=sym('p');
```



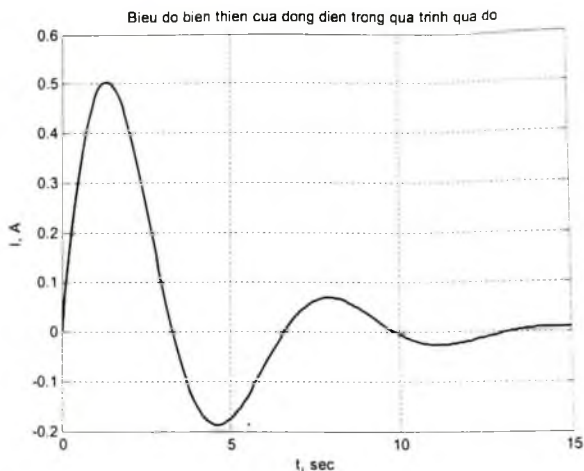
Hình 9.22b. Sơ đồ toán tử mạch điện ví dụ 9.14.

$$Z=R+p*L+1/(p*C);$$

$$U=(E+uc)/p+L*io;$$

$$I=ZU$$

$$It=ilaplace(I)$$



Hình 9.23b. Đồ thị biến thiên của dòng điện quá độ theo phương pháp toán tử.

Kết quả nhận được là:

$$I = 3/(2*p*(2*p + 2/p + 6/5))$$

$$It = (15*91^{1/2}*\sin((91^{1/2})*t/10))/(182*\exp((3*t)/10))$$

Để vẽ đồ thị biến thiên của dòng điện, ta thực hiện các lệnh sau:

`t=0:0.1:15;`

`It = 143.09.*sin(0.954.*t)./(182.*exp(0.3.*t)); % Dòng điện biến thiên theo t`

`plot(t,It), grid`

xlabel('t, sec'); ylabel('I, A')

title('Biểu đồ biến thiên của dòng điện trong quá trình quá độ')

Kết quả nhận được đồ thị hình 9.23b.

c) *Phương pháp simulink:*

Ta viết lại phương trình vi phân

$$R.i + L \frac{di}{dt} + L.i(0_+) + u_c(t) = E - u_c(0_+)$$

$$i = C \frac{du_c}{dt}$$

Đặt $x_1 = u_c$ và $x_2 = i$

Khi đó: $x_1' = \frac{x_2}{C}$

$$x_2' = \frac{1}{L}(E - u_c(0_+) - x_1 - Rx_2)$$

Thay số vào ta được hệ phương trình vi phân:

$$x_1' = x_2$$

$$x_2' = -0,5x_1 - 0,6x_2 + 0,6$$

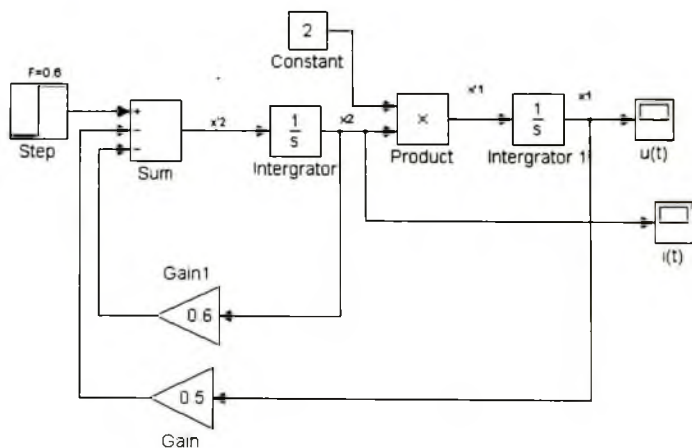
Trước hết ta thiết lập sơ đồ mô phỏng simulink trên cơ sở các phương trình vi phân. Quá trình xây dựng được thực hiện theo các bước sau:

1. Đầu tiên ta ghép các khối chức năng từ thư viện nguồn Sources Library thả sang cửa sổ soạn thảo, được tạo ra trước bằng lệnh File/New/Model khối Step Input, mở thư viện Linear Library và ghép khối Sum thả vào vị trí phía phải khối Step Input. Mô hộp hội thoại Sum bằng cách kích đúp vào biểu tượng và gõ các dấu +-- bên dưới danh mục tín hiệu *list of signs* để tạo ba đầu vào. Ghép khối các Intergrator và Gain từ thư viện Linear Library, khối Scope từ thư viện Sink Library và thả vào cửa sổ soạn thảo. Để tạo ra các khối Intergrator, Gain và Scope thứ hai ta dùng lệnh copy.

2. Sắp xếp lại vị trí các khối cho phù hợp bằng cách ấn chuột trái vào biểu tượng khối, giữ nguyên và di đến vị trí cần thiết.

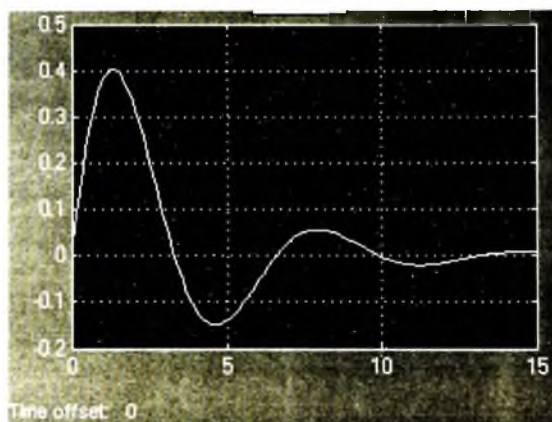
3. Nối liên kết các khối bằng cách nhấp chuột trái vào đầu ra của khối và di mũi tên của chuột (giữ nguyên trạng thái nhấn phím) tới đầu vào cần nối.

4. Điền giá trị các tham số vào các khối bằng cách nhấn đúp chuột trái vào tâm khối để hiển thị hộp hội thoại vào dữ liệu: Đối với khối Step Input ta vào giá trị Step time là 100; initial value là 0.6 và final value là 0.6; Đối với khối Gain ta vào giá trị gain là 0.5, đối với khối Gain1 là 0.6, còn đối với khối Constant đặt giá trị const value là 2. Ta đổi tên Scope 1 và Scope 2 thành $u(t)$ và $i(t)$ cho tiện theo dõi. Như vậy là sơ đồ mô phỏng đã hoàn thành (hình 9.24).



Hình 9.24. Sơ đồ mô phỏng Simulink tính toán quá trình quá độ mạch điện.

Trước khi cho chương trình chạy ta cần đặt các tham số mô phỏng bằng cách kích vào menu Simulation, chọn Configuration Parameters, khi đó sẽ xuất hiện một hộp hội thoại (hình 9. 25), ta đặt các giá trị: Start time là 0 và Stop time là 15, Step Size là 0.01, còn các tham số khác thì để mặc định, sau đó ấn Ok để được chấp nhận và đóng hộp hội thoại. Bây giờ cho chương trình chạy bằng cách nhấp vào menu Simulation và chọn Start (hoặc kích vào biểu tượng Start của cửa sổ làm việc). Để hiển thị kết quả ta nhấp đúp vào khối i(t). Kết quả nhận được đồ thị biến thiên của dòng điện $i(t)$ thể hiện trên hình 9.25.



Hình 9.25. Kết quả tính toán quá trình quá độ theo phương pháp mô phỏng Simulink.

So sánh các kết quả nhận được theo ba phương pháp giải chúng ta thấy không có sự sai số đáng kể. Việc lựa chọn phương pháp giải tùy thuộc vào sở trường của người giải.

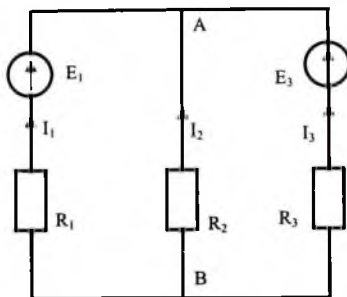
9.4. Bài tập

Bài tập 9.1. Cho mạch điện một chiều (hình 9.26) với các tham số:

$E_1 = 100\text{V}$; $E_3 = 90\text{ V}$, các điện trở:

$R_1=12\ \Omega$; $R_2=21\ \Omega$; $R_3=25\ \Omega$.

Hãy áp dụng chương trình MATLAB xác định các giá trị dòng điện chạy trong mạch



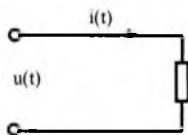
Hình 9.26. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.1 và 9.2.

Bài tập 9.2: Giải bài toán ví dụ 9.1 với các tham số phức:

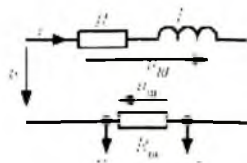
$e_1 = 142 + j68\text{ V}$; $e_3 = 176 + j137\text{ V}$.

$Z_1 = 12 + j27$; $Z_2 = 9,8 + j14,6$; và $Z_3 = 8,3 + j17,5\ \Omega$.

Bài tập 9.3. Hãy xác định dòng điện và công suất của mạch điện (hình 9.27), biết điện áp nguồn $u(t) = 120\cos\omega t$ và phụ tải $Z = 3,75 \angle 52^\circ\ \Omega$. Vẽ đồ thị của các đại lượng.



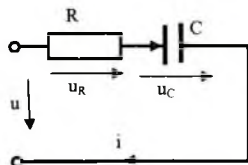
Hình 9.27. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.3.



Hình 9.28. Sơ đồ mạch điện bài toán bài tập 9.4.

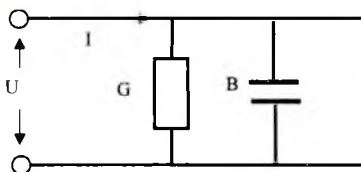
Bài tập 9.4: Nguồn điện xoay chiều $u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$, tần số 50 Hz được nối với điện trở $R = 5,6 \, \Omega$ và cuộn dây $L = 22,3 \, \text{mH}$, điện trở shunt $R_{sh} = 0,15 \, \Omega$ (hình 9.28). Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của điện áp U_{RL} , Các thành phần U_R và U_L . Vẽ đồ thị của các đại lượng này.

Bài tập 9.5: Cho mạch điện hình 9.29 với nguồn điện áp hình sin tần số 50 Hz: $u = U_m \sin(\omega t) \, \text{V}$. Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện chạy trong mạch, biết $U_m = 250$; $R = 15,6 \, \Omega$ và $C = 116,42 \, \mu\text{F}$. Vẽ đồ thị biến thiên của điện áp.



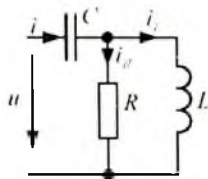
Hình 9.29. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.5.

Bài tập 9.6: Hãy xác định giá trị dòng điện và công suất tác dụng trên đầu vào mạng hai cực hình 9.30, biết điện áp trên đầu vào là $U = 24 \, \text{V}$, các giá trị điện dẫn tác dụng và phản kháng tương ứng là: $G = 0,018 \, 1/\Omega$ và $B = 0,022 \, 1/\Omega$.



Hình 9.30. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.6.

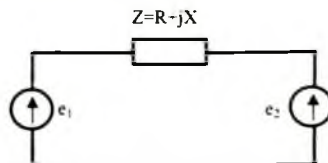
Ví dụ 9.7: Giá trị hiệu dụng của điện áp trên đầu vào mạch điện hình 9.31 là $U = 220 \angle 32^\circ \, \text{V}$. Hãy xác định các giá trị hiệu dụng của dòng điện chạy trong mạch, biết $C = 115 \, \mu\text{F}$, $R = 3,5 \, \Omega$, $L = 210 \, \text{mH}$, tần số $f = 50 \, \text{Hz}$.



Hình 9.31. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.7.

Bài tập 9.8: Có hai nguồn điện $e_1 = 240 \angle -12^\circ \, \text{V}$ và $e_2 = 220 \angle 3,5^\circ \, \text{V}$ được nối với nhau qua điện trở $Z = 0,82 + j3,53 \, \Omega$ (hình 9.32). Hãy xác định công suất cung

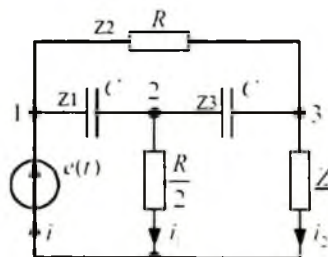
cấp hoặc nhận bởi các nguồn và vẽ đồ thị biến đổi của chúng theo sự biến đổi của góc pha điện áp nguồn 1 từ -30° đến 30° .



Hình 9.32. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.8.

Bài tập 9.9: Hãy xác định giá trị dòng điện chạy trong mạch hình 9.33, biết: $e(t) = 12\sin(\omega t)$ V; $R = 48 \text{ k}\Omega$; $C = 0.0825 \text{ }\mu\text{F}$; $Z = 8,25 + j24,6 \text{ k}\Omega$. $f = 50\text{Hz}$.

Modun của điện áp là $E_m = 25 \text{ V}$.

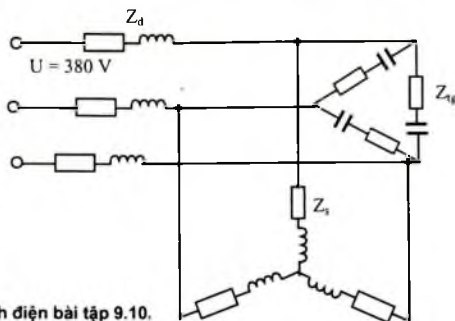


Hình 9.33. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.9.

Ví dụ 9.10: Mạch điện ba pha hình 9.34 với nguồn điện đối xứng điện áp $U = 380\text{V}$ cung cấp cho hai phụ tải: phụ tải thứ nhất mắc theo hình sao điện trở của mỗi pha là $Z_s = 15 + j34 \text{ }\Omega$; phụ tải thứ hai mắc theo hình tam giác, điện trở mỗi pha là $Z_{\Delta} = 30 - j22 \text{ }\Omega$. Điện trở của đường dây là $Z_d = 2,3 + j5,8 \text{ }\Omega$. Hãy xác định:

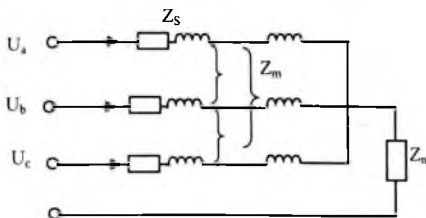
- Dòng điện, công suất tác dụng và công suất phản kháng cấp đến từ nguồn;
- Điện áp dây tại đầu vào của phụ tải hỗn hợp;
- Dòng điện pha của mỗi phụ tải;

d) Công suất tác dụng và phản kháng của tải và đường dây.



Hình 9.34. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.10.

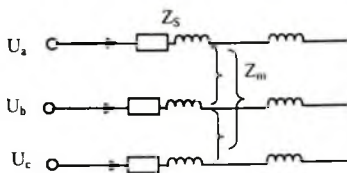
Bài tập 9.11. Mạng điện ba pha đối xứng điện áp pha 220 V (hình 9.35), điện trở mỗi pha $Z_s = 1,6 + j4,3 \, \Omega$, điện trở hồ cảm giữa các pha $Z_m = j4,15 \, \Omega$. Điện trở trung tính $Z_n = 2,5 + j3,9 \, \Omega$. Hãy xác định dòng điện chạy trong các pha:



Hình 9.35. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.11.

Bài tập 9.12: Nguồn điện ba pha đối xứng 127 V (hình 9.36) cung cấp cho phụ tải đầu theo hình sao, trung tính cách ly. Mỗi pha có điện trở $Z_s = 3,6 + j1,3 \, \Omega$, điện trở hồ cảm giữa các pha $Z_m = j2,4 \, \Omega$. Hãy xác định dòng điện chạy trên các pha theo phương pháp:

- Định luật Kirchhoff;
- Phân tích các thành phần đối xứng.



Hình 9.36. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.12.

Bài tập 9.13 Cho mạch điện (hình 9.36), với điện áp không đối xứng:

$$U^{abc} = \begin{bmatrix} 210 \angle 10^\circ \\ 130 \angle -140^\circ \\ 97 \angle 125^\circ \end{bmatrix}$$

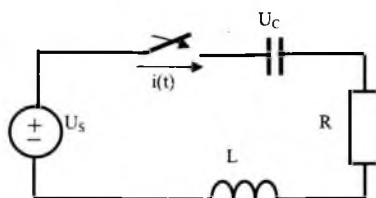
Phụ tải các pha là $Z_s = 3,6 + j1,3 \, \Omega$, và điện trở tương hỗ giữa các pha là $Z_m = j2,4 \, \Omega$. Hãy xác định:

- Ma trận điện trở của phụ tải $Z^{012} = A^{-1} Z^{abc} A$.
- Các thành phần đối xứng của điện áp.
- Các thành phần đối xứng của dòng điện.
- Dòng điện pha của phụ tải.
- Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng các thành phần đối xứng
- Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng công suất theo từng pha.

Bài 9.14. Cho mạch điện RLC (hình 9.37) với các tham số $L = 1.25$ Henry; $R = 0.86 \, \Omega$; $C = 1.5$ Fara. Hãy xác định và vẽ đồ thị dòng điện trong mạch và điện áp trên tụ, biểu thị mối quan hệ giữa điện áp tụ và dòng điện trong khoảng thời gian 15s kể từ khi đóng công tắc. Biết ở thời điểm ban đầu dòng điện $i_L(0) = 0$ và điện áp tại tụ $U_C(0) = 0,5V$, điện áp nguồn $U_S = 2,4V$.

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 9:

giaimach – dùng để giải các mạch điện đơn giản;



Hình 9.37. Sơ đồ mạch điện bài tập 9.14.

`zabc2sc`; `abc2sc`; `rec2pol`; `sc2abc`; - dùng để phân tích và tổng hợp các thành phần đối xứng;

`ode` dùng để giải phương trình vi phân, tính toán quá trình quá độ trong mạch điện;

laplace và ***ilaplace*** dùng để chuyển đổi hàm nguyên mẫu thành ảnh và ngược lại, tính toán quá trình quá độ trong mạch điện.

Simulink dùng để giải bài toán theo phương pháp mô phỏng.

Tính toán phụ tải điện

10.1. Bài toán xác định phụ tải

Phụ tải tính toán được xác định theo các phương pháp khác nhau, tùy theo nhóm thiết bị và các dữ kiện ban đầu:

Theo phương pháp hệ số đồng thời, công suất tính toán được xác định theo biểu thức:

$$P_n = k_{dt} \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (10.1)$$

Trong đó:

P_{ni} – công suất định mức của thiết bị điện thứ i ;

k_{dt} – hệ số đồng thời, phụ thuộc vào số lượng thiết bị tiêu thụ điện trong mạng. Hệ số đồng thời có thể xác định hoặc tra trong bảng tính sẵn.

Theo phương pháp hệ số nhu cầu phụ tải tính toán được xác định theo biểu thức:

$$P_n = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (10.2)$$

k_{nc} – hệ số nhu cầu có thể tra trong bảng hoặc tính toán, nếu có đủ số liệu cần thiết.

Hệ số nhu cầu được xác định phụ thuộc vào hệ số sử dụng của nhóm thiết bị điện:

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}}; \quad (10.3)$$

Trong đó:

$k_{sd\Sigma}$ – hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm thiết bị;

n_{hd} – số lượng hiệu dụng của nhóm thiết bị điện.

Trong MATLAB việc tra bảng được thực hiện với sự trợ giúp của hàm *interp1* (xem mục 4.3 chương 4). Việc tổng hợp phụ tải giữa các nhóm được thực hiện theo nhiều phương pháp khác nhau như: phương pháp số gia, hệ số nhu cầu hoặc phương pháp hệ số tham gia vào cực đại. Các dữ kiện ban đầu của bài toán xác định phụ tải thường được biểu thị dưới dạng ma trận như sau:

Ma trận phụ tải sinh hoạt gồm 3 cột: cột thứ nhất là số lượng hộ gia đình (n), cột thứ hai là suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ (p_0 , kW) và cột thứ ba là hệ số công suất trung bình ($\cos\phi$). Ma trận dữ liệu phụ tải sản xuất có số cột bằng số lượng thiết bị động lực với ba dòng: dòng đầu là dữ liệu công suất định mức của thiết bị (P_n , kW), dòng thứ hai là hệ số sử dụng của thiết bị (k_{sd}) và dòng thứ ba là hệ số công suất trung bình của thiết bị. Nếu không cho trước các hệ số sử dụng, thì ma trận này chỉ còn lại hai dòng. Chúng ta xét một số bài toán cụ thể:

Ví dụ 10.1. Một khu chung cư gồm $n=75$ hộ gia đình, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ là $p_0=1,25$ kW (không dùng bếp điện), $\cos\phi = 0,9$; Phụ tải động lực gồm các động cơ vệ sinh kỹ thuật với công suất định mức tương ứng là:

P_{dl} , kW	10	7,5	5,6	4,5	2,8
$\cos\phi$	0,76	0,8	0,78	0,83	0,82

Hãy xác định phụ tải tính toán theo hai phương pháp:

- Phương pháp số gia;
- Phương pháp hệ số nhu cầu;

Bằng chương trình m.file

Giải: Phụ tải tính toán của nhóm sinh hoạt được xác định theo biểu thức:

$$P_{sh} = k_{dt}.n.p_0;$$

Ở đây hệ số đồng thời k_{dt} sẽ được xác định bằng cách tra bảng phụ thuộc vào số hộ n .

Phụ tải tính toán của nhóm thiết bị vệ sinh kỹ thuật được xác định theo biểu thức:

$$P_{dt} = k_{nc} \sum_{i=1}^{n_{vs}} P_{ni};$$

Hệ số nhu cầu k_{nc} trong trường hợp này cũng sẽ được xác định bằng cách tra bảng phụ thuộc vào số lượng thiết bị vệ sinh kỹ thuật n_{vs} .

Phụ tải tổng hợp của cả hai nhóm có thể được xác định theo hai phương pháp:

* Phương pháp số gia: $P_{tt1} = P_{sh} + k_i P_{dt}$

$$k_i = \left(\frac{P_{dt}}{5}\right)^{0.04} - 0,41$$

* Phương pháp hệ số nhu cầu: $P_{tt2} = k_{nc.n}(P_{sh} + P_{dt})$

Trên cơ sở các thuật giải vừa trình bày, chương trình MATLAB được soạn thảo tương ứng với phương pháp tính toán lựa chọn. Việc đầu tiên cần thực hiện là thiết lập các ma trận dữ liệu, sau đó sẽ thực hiện các lệnh thích hợp để tính toán theo các phương pháp tương ứng.

% Xác định phụ tải tính toán

>> SH=[75 1.25 0.9]; % Ma tran phụ tải sinh hoạt

DL=[10 7.5 5.6 4.5 2.8; % Ma tran phụ tải dòng lực

0.76 0.80 0.78 0.83 0.82]; % He so cong suat cua phu tai dong luc

n=[1 2 5 10 20 35 50 100 200 300 400];

kdt=[1 0.79 0.61 0.52 0.46 0.42 0.40 0.37 0.35 0.34 0.33];

kdkd=[1 0.72 0.55 0.47 0.41 0.37 0.35 0.33 0.31 0.30 0.29];

kdtsh=interp1(n,kdkd,SH(1)); % He so dong thoi ung voi so luong ho

```

nvs=[2 3 5 8 10 15 20 30 50];
knc=[1 0.9 0.8 0.75 0.7 0.65 0.63 0.6 0.55];
kncvs=interp1(nvs,knc,length(nvs)); % He so nhu cau cua phu tai d.luc
Psh= kdtsh*SH(1)* SH(2); % Cong suat tinh toan phu tai sinh hoat
Pdl=kncvs*sum(DL(1,:)); % Cong suat tinh toan phu tai dong luc
% Ap dung phuong phap so gia
ksh=((Psh/5)^0.04)-0.41;
kdl=((Pdl/5)^0.04)-0.41;
if Psh > Pdl
P = Psh+kdl*Pdl;
else
P = Pdl+ksh*Psh;
end
cofidl=sum(DL(1,:).* DL(2,:))/sum(DL(1,:));
cofitb=(Psh* SH(3)+Pdl*cofidl)/(Psh+Pdl);
S=P/cofitb;
Q=sqrt(S^2-P^2);
format bank
disp('a) Ket qua tinh toan theo p.p so gia:')
disp(' Psh, kW Pdl P S, kVA Q, kVA')
fprintf('%g'), disp([Psh,Pdl,P,S,Q]);

```

Kết quả hiển thị trên màn hình như sau:

a) Ket qua tinh toan theo p.p so gia:

<i>Psh, kW</i>	<i>Pdl</i>	<i>P</i>	<i>S, kVA</i>	<i>Q, kVA</i>
31.87	22.04	46.23	54.08	28.06

b) Phương pháp hệ số nhu cầu

% Áp dụng phương pháp hệ số nhu cầu

>> SH=[75 1.25 0.9]; % Ma tran phu tai sinh hoạt

DL=[10 7.5 5.6 4.5 2.8; % Ma tran phu tai dong luc
0.76 0.80 0.78 0.83 0.82];

n=[1 2 5 10 20 35 50 100 200 300 400];

ktd=[1 0.79 0.61 0.52 0.46 0.42 0.40 0.37 0.35 0.34 0.33];

ktdkd=[1 0.72 0.55 0.47 0.41 0.37 0.35 0.33 0.31 0.30 0.29];

kdtsh=interp1(n,ktdkd,SH(:,1));

Pdl=[10 7.5 5.6 4.5 2.8];

cofi=[0.76 0.80 0.78 0.83 0.82];

nvs=[2 3 5 8 10 15 20 30 50];

knc=[1 0.9 0.8 0.75 0.7 0.65 0.63 0.6 0.55];

kncvs=interp1(nvs,knc,length(nvs)); % He so nhu cau cua phu tai d.luc

Psh= kdtsh*SH(:,1)*SH(:,2); % Cong suat tinh toan phu tai sinh hoạt

Pdl=kncvs*sum(DL(1,:)); % Cong suat tinh toan phu tai dong luc

nh=[2 4 6 10];

kncn=[0.9 0.8 0.7 0.6];

kncc=interp1(nh,kncn,2);

P=kncc*(Psh+Pdl);

cofidl=sum(DL(1,:).* DL(2,:))/sum(DL(1,:));

cofitb=(Psh* SH(:,3)+Pdl*cofidl)/(Psh+Pdl);

S=P/cofitb;

Q=sqrt(S^2-P^2);

format bank

disp('b) Ket qua tinh toan theo p.p he so nhu cau:')

disp(' Psh, kW Pdl P S, kVA Q, kVAr')

fprintf('%g'), disp([Psh,Pdl,P,S,Q])

Kết quả hiển thị trên màn hình như sau:

b) Ket qua tinh toan theo p.p he so nhu cau:

Psh, kW	Pdl	P	S, kVA	Q, kVAr
31.87	22.04	48.52	56.77	210.46

So sánh kết quả tính toán của hai phương pháp ta thấy sai số không đáng kể.

c) Giải bài toán bằng chương trình m.file.

Chương trình tính toán phụ tải được soạn thành một **scrip** và cất giữ trong power system toolbox. Khi tính toán phụ tải ta chỉ cần khai báo các tham số vào và gọi tên hàm, khi đó kết quả sẽ xuất hiện trên màn hình. Bài toán xác định phụ tải với sự trợ giúp của hàm m.file được thực hiện như sau:

```
>> SH=[75 1.25 0.9]; % Ma tran phu tai sinh hoạt
```

```
DL=[10 7.5 5.6 4.5 2.8]; % Cong suat phu tai dong luc
```

```
0.76 0.80 0.78 0.83 0.82]; % He so cong suat phu tai dong luc
```

% Theo pp so gia

```
[Psh,Pdl,P,S,Q] = ttptpsogia(SH,DL);
```

Ket qua tinh toan theo p.p so gia:

Psh, kW	Pdl	P	S, kVA	Q, kVAr
31.87	22.04	46.23	54.08	28.06

% Theo pp he so nhu cau

```
[Psh,Pdl,P,S,Q] = ttptphsnhucau(SH,DL);
```

Ket qua tinh toan theo p.p he so nhu cau:

Psh, kW	Pdl	P	S, kVA	Q, kVAr
---------	-----	---	--------	---------

31.87 22.04 48.52 56.77 210.46

Ta nhận thấy các phương pháp tính toán khác nhau đều cho kết quả xấp xỉ, tuy nhiên, khi thực hiện các bài toán lớn, nên áp dụng các hàm có sẵn trong toolbox, điều đó cho phép tiết kiệm thời gian lập trình và tránh được những nhầm lẫn không đáng có.

Ví dụ 10.2. Hãy xác định phụ tải tính toán của một phân xưởng sản xuất gồm có 6 thiết bị tiêu thụ điện với các tham số của thiết bị như sau:

	1	2	3	4	5	6
P_{ni} , kW	12.5	22	30	36	45	63
$k_{sd\Omega}$	0,47	0,53	0,61	0,52	0,48	0,60
$\cos\phi$	0,79	0,81	0,78	0,83	0,68	0,76

Giải: Trình tự tính toán phụ tải được tiến hành theo các bước:

- Xác định hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm thiết bị:

$$k_{sd\Omega} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} k_{sdi}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

- Xác định hệ số nhu cầu là:

$$k_{nc} = k_{sd\Omega} + \frac{1 - k_{sd\Omega}}{\sqrt{n_{hd}}}$$

Để xác định số lượng hiệu dụng n_{hd} cần phải dựa vào tỷ số giữa công suất của các thiết bị lớn nhất và nhỏ nhất trong nhóm và tra bảng xác định điều kiện áp dụng biểu thức tính toán.

- Xác định công suất tính toán: $P_{tt} = k_{nc} \sum P_{ni}$
- Xác định hệ số công suất trung bình.
- Xác định công suất biểu kiến và công suất phản kháng:

$$S = P / \cos\phi; Q = P \cdot \tan\phi$$

Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> DL=[12.5    22    30    36    45    63; % Cong suat
        0.47    0.53    0.61    0.52    0.48    0.6; % He so su dung
        0.79    0.81    0.78    0.83    0.68    0.76]; % He so cosfi

ksdt=sum(DL(1,:).* DL(2,:))/sum(DL(1,:)); % He so su dung tong hop
ksdth=[0.2      0.3      0.4      0.5      0.6      0.7      0.8];
kb=[3          3.5      4        5        6.5      8        10];
kb1=interp1(ksdth,kb,ksdt);
n1=length(DL(1,:)); % So luong thiet bi cua phan xuong
kb0=max(DL(1,:))/min(DL(1,:));
if n1 >4 & kb0<kb1;
nhd=n1;
else
nhd=sum(DL(1,:)).^2/sum(DL(1,:).^2); % So luong hieu dung
end
knc=ksdt+(1-ksdt)/sqrt(nhd); % He so nhu cau
P=knc*sum(DL(1,:)); % Cong suat tac dung tinh toan
cofitb=sum(DL(1,:).* DL(3,:))/sum(DL(1,:)); % He so cosfi tong hop
S=P/cofitb;
Q=sqrt(S^2-P^2);
disp('Ket qua la:');
disp('    S, kVA P, kW    Q, kVAr    cofitb')
fprintf('%g'), disp([S,P,Q, cofitb])
Ket qua la:
    S, kVA P, kW    Q, kVAr    cofitb
```

1910.4749 152.5528 128.5218 0.7648

Bài toán này có thể giải bằng lệnh **ptpxuong** trong power system toolbox như sau:

```
>> DL=[12.5    22    30    36    45    63; % Cong suat
        0.47    0.53    0.61    0.52    0.48    0.6; % He so su dung
        0.79    0.81    0.78    0.83    0.68    0.76]; % He so cosfi
```

```
[S,P,Q,cofitb] = ptpxuong(DL);
```

Kết quả là:

S, kVAr, kW Q, kVAr cofitb

1910.4749 152.5528 128.5218 0.7648

Dễ dàng nhận thấy kết quả của hai phương pháp hoàn toàn giống nhau, việc áp dụng hàm có sẵn trong toolbox là hết sức tiện lợi và nhanh chóng. Hàm **ptpxuong** sẽ được áp dụng hết sức hiệu quả đối với các bài toán phức tạp như xác định phụ tải tính toán của nhà máy với nhiều phân xưởng, mà chúng ta xét ở ví dụ sau đây.

Ví dụ 10.3. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một xí nghiệp gồm 3 phân xưởng sản xuất với các thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng vd.10.3 sau:

Bảng vd.10.3. Dữ kiện bài toán Ví dụ 10.3

PX	T.số	1	2	3	4	5	6	7	8
1	P_n , kW	1,2	1,8	2,8	3,5	7,5	10		
	k_{sd}	0,56	0,72	0,52	0,68	0,51	0,46		
	$\cos\varphi$	0,72	0,84	0,71	0,8	0,73	0,72		
2	P_n , kW	2,8	3,5	6,5	7,5	10	13	16	
	k_{sd}	0,82	0,56	0,48	0,55	0,73	0,62	0,61	
	$\cos\varphi$	0,83	0,72	0,69	0,75	0,8	0,72	0,71	
3	P_n , kW	0,8	1,2	1,8	2,2	2,5	2,8	3,5	4,6
	k_{sd}	0,81	0,55	0,67	0,45	0,68	0,8	0,57	0,63
	$\cos\varphi$	0,85	0,73	0,77	0,67	0,79	0,87	0,7	0,81

Giải: Phụ tải tính toán của từng phân xưởng được xác định tương tự như ví dụ 10.2. Phụ tải tổng hợp của toàn nhà máy được xác định theo phương pháp hệ số nhu cầu chung. Chương trình MATLAB được soạn thảo cho bài toán này như sau:

```
>> clear

DL1=[1.2 1.8    2.8    3.5    7.5    10;
0.56    0.72    0.52    0.68    0.51    0.46;
0.72    0.84    0.71    0.8    0.73    0.72];
DL2=[2.8 3.5    6.5    7.5    10    13    16;
0.82    0.56    0.48    0.55    0.73    0.62    0.61;
0.83    0.72    0.69    0.75    0.8    0.72    0.71];
DL3=[0.8 1.2    1.8    2.2    2.5    2.8    3.5    4.6    5.5;
0.81    0.55    0.67    0.45    0.68    0.8    0.57    0.63    0.54;
0.85    0.73    0.77    0.67    0.79    0.87    0.7    0.81    0.69];

disp('Phan xuong 1:')
[S1,P1,Q1,cofitb1] = ptpxuong(DL1);
disp('Phan xuong 2:')
[S2,P2,Q2,cofitb2] = ptpxuong(DL2);
disp('Phan xuong 3:')
[S3,P3,Q3,cofitb3] = ptpxuong(DL3);
cofitong=(P1*cofitb1+P2*cofitb2+P3*cofitb3)/(P1+P2+P3);
nh=[2 4 6 10];
kncn={0.9 0.8 0.7 0.6};
kncc=interp1(nh,kncn,3);
Ptt=kncc*(P1+P2+P3);
Stt=Ptt/cofitong;
Qtt=sqrt(Stt^2-Ptt^2);
```

```
disp('Tong phu tai tinh toan')
disp('    Stt, kVA      Ptt, kW      Qtt, kVAr      cosfitong')
fprintf('%g'), disp([Stt,Ptt,Qtt,cosfitong]);
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Phan xuong 1:

<i>S, kVA</i>	<i>P, kW</i>	<i>Q, kVAr</i>	<i>cosfitb</i>
27.75	20.54	18.65	0.74

Phan xuong 2:

<i>S, kVA</i>	<i>P, kW</i>	<i>Q, kVAr</i>	<i>cosfitb</i>
61.36	45.19	41.51	0.74

Phan xuong 3:

<i>S, kVA</i>	<i>P, kW</i>	<i>Q, kVAr</i>	<i>cosfitb</i>
25.06	18.92	16.43	0.75

Tong phu tai tinh toan

<i>Stt, kVA</i>	<i>Ptt, kW</i>	<i>Qtt, kVAr</i>	<i>cosfitong</i>
97.03	71.95	65.10	0.74

Như vậy có thể thấy việc tính toán phụ tải với sự trợ giúp của các chương trình MATLAB hết sức thuận tiện và nhanh chóng.

10.2. Xây dựng biểu đồ phụ tải

Các biểu đồ phụ tải có thể được xây dựng bởi hai lệnh cơ bản là *stairs* và *barcycle*. Lệnh *stairs* được gọi từ chương trình đồ họa của MATLAB, còn lệnh *barcycle* thì được gọi từ power system toolbox. Nhìn chung về mức độ đơn giản và thuận tiện, thì các hai lệnh này đều tương đương nhau. Tuy nhiên, nếu xét chi li ra, thì cách vào dữ liệu theo lệnh *barcycle* có vẻ cồng kềnh hơn một chút.

Ví dụ 10.4. Số liệu đo đếm trên thanh cái trạm biến áp trong một ngày đêm sau mỗi 2h được cho trong bảng;

t	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
P,kW	8,1	6,7	7,8	11,3	13,5	20,5	16,2	18,9	21,6	24,3	21,6	16,2

Hãy xây dựng đồ thị phụ tải và xác định các tham số của đồ thị theo phương pháp:

Bảng lệnh *stairs*;

Bảng lệnh *barcycle*

Giải: Ta thực hiện bài toán này theo hai phương pháp đã nêu:

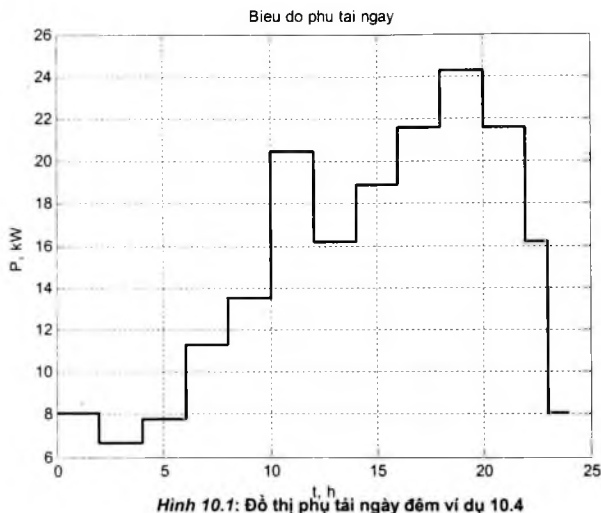
a) *Xây dựng biểu đồ phụ tải bằng lệnh stairs*

Chương trình MATLAB được soạn thảo để xây dựng biểu đồ phụ tải theo lệnh stairs như sau :

```
>> clear
t=0:2:23;
P=[8.1 6.7 7.8 11.3 13.5 20.5 16.2 18.9 21.6 24.3 21.6 16.2];
stairs(t,P),grid
xlabel('t, h'); ylabel('P, kW')
title('Biểu đồ phụ tải ngày')
A=sum(P*2);
Ptb=A/24;
kdk=Ptb/max(P);
Tm=A/max(P);
to=sum(P.^2*2)/(max(P)^2);
disp(' A. kWh      Ptb, kW      kdk      Tm, h      to, h')
fprintf('%g'). disp([A.Ptb.kdk.Tm.to])
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là biểu đồ phụ tải hình 10.1 và các tham số tính toán gồm:

A, kWh	P_{tb}, kW	kdk	T_m, h	t_o, h
373.4000	15.5583	0.6403	15.3663	11.2016



Hình 10.1: Đồ thị phụ tải ngày đêm ví dụ 10.4

b) Xây dựng biểu đồ phụ tải bằng lệnh barcycle

Để xây dựng biểu đồ phụ tải bằng lệnh barcycle, trước hết cần thiết lập ma trận dữ liệu phụ tải data, gồm ba cột: cột thứ nhất là thời điểm đầu, cột thứ hai là thời điểm cuối và cột thứ ba là giá trị phụ tải trung bình trong khoảng thời gian vừa nêu. Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
data=[0 2 8.1
      2 4 6.7
      4 6 7.8
      6 8 11.3
```

8 10 13.5

10 12 20.5

12 14 16.2

14 16 18.9

16 18 21.6

18 20 24.3

20 22 21.6

22 23 16.2

23 24 8.1];

```
P = data(:,3)
```

```
Dt=data(:,2)-data(:,1);
```

```
W=P'*Dt;
```

```
Pav=W/sum(Dt);
```

```
Peak=max(P)
```

```
LF=Pav/Peak*100
```

```
barcycle(data), grid
```

```
xlabel('t, h'), ylabel('P, kW')
```

```
title('Biểu đồ phụ tải ngày')
```

Kết quả nhận được biểu đồ phụ tải giống hệt hình 10.1. Lưu ý là các phương pháp trên đây chỉ cho phép xây dựng các biểu đồ phụ tải hàng ngày với số liệu đã được xử lý. Trong thực tế, để có được biểu đồ phụ tải điển hình của một cơ sở sản xuất, một nhà máy hoặc một trạm biến áp nào đó, thì cần phải thu thập thông tin về phụ tải trong nhiều ngày (phụ thuộc vào kích thước mẫu để đạt độ tin cậy thích hợp), sau đó tiến hành xử lý số liệu (xem chương 4) để nhận được các kết quả cần thiết cho việc xây dựng biểu đồ phụ tải.

10.3. Dự báo phụ tải

Mô hình dự báo phụ tải được xác định trên cơ sở các số liệu thống kê về sự tiêu thụ điện ở chuỗi thời gian quá khứ theo thuật toán xác định hàm tương quan hồi quy (xem chương 4). Các hàm tương quan hồi quy dạng đa thức được xác định với sự trợ giúp của chương trình *polyfit*, mà cho phép nhận được các hệ số đa thức. Có thể có nhiều sự lựa chọn cho mô hình dự báo, một trong các tiêu chí quan trọng để lựa chọn mô hình dự báo là sai số dự báo nhỏ nhất. Các mô hình dự báo phụ tải thông dụng thường là hàm tuyến tính, parabol hoặc hàm mũ. Chương trình *polyval* cho phép nhận được các giá trị phụ tải ứng với thời gian dự báo. Chúng ta sẽ xét bài toán này trên ví dụ cụ thể sau:

Ví dụ 10.5: Số liệu về phụ tải điện của một khu vực thống kê trong 7 năm quá khứ được thể hiện trong bảng dlvd 10.5. Hãy xây dựng mô hình dự báo phụ tải dạng parabol và xác định phụ tải dự báo trong giai đoạn đến năm thứ 11:

Bảng dlvd 10.5. Số liệu về công suất tiêu thụ trong các năm quá khứ

Năm	1	2	3	4	5	6	7
P, kW	1168	1236	1336	1472	1659	1892	2130

Giải: Để xây dựng hàm dự báo dạng parabol, chương trình MATLAB được soạn thảo như sau :

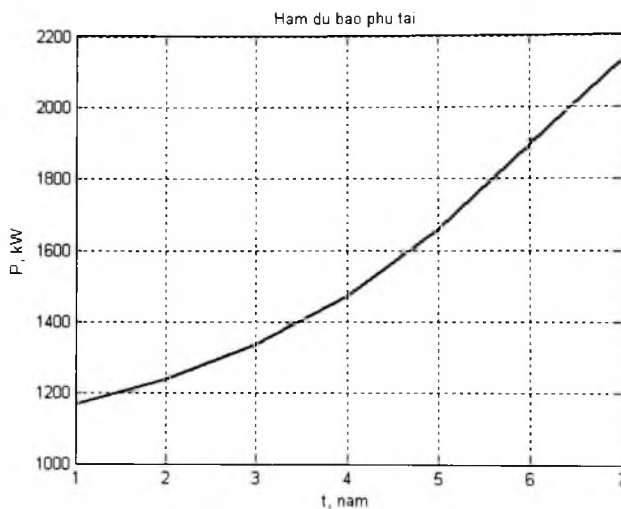
```
>> t=[1 2 3 4 5 6 7];  
P=[1168 1236 1336 1472 1659 1892 2130];  
c=polyfit(t,P,2)  
format bank  
plot(t,P),grid  
xlabel('t, nam'), ylabel('P, kW'), title('Ham du bao phu tai')
```

Kết quả là:

```
c =  
110.25 7.46 1141.29
```

Như vậy hàm dự báo có dạng:

$$P_t = 19,25t^2 + 7,46t + 1141,29 \text{ kW.}$$



Hình 10.2: Mô hình dự báo dạng parabol ví dụ 10.5

Việc xác định giá trị phụ tải dự báo giai đoạn từ năm thứ 7 ÷ 11 được thực hiện với sự trợ giúp của hàm **polyval** :

```
>> t=7:11;
```

```
P=polyval(c,t)
```

```
disp('Ket qua la:')
```

```
disp('    nam 7    8        9    10    11')
```

```
fprintf('%g'), disp([P])
```

Ket qua la:

nam 7 8 9 10 11
 2136.79 2433.00 2767.71 3140.93 3552.64

Ví dụ 10.6: Tổng điện năng tiêu thụ trong lĩnh vực sinh hoạt và chiếu sáng của Việt Nam trong 10 năm gần đây là:

t	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
A, GWh	10986	12651	14333	15953	17655	19831	22120	23925	24250	26880

Hãy xây dựng hàm dự báo và đánh giá sai số theo mô hình:

a) Tuyến tính;

b) Parabol.

Giải:

a) *Xây dựng hàm dự báo theo mô hình tuyến tính*

Ta thực hiện chuỗi lệnh sau:

```
>> t=1:10;
```

```
A=[10986 12651 14333 15953 17655 19831 22120 23925 26160  
28380];
```

```
f = polyfit(t, A, 1)
```

Kết quả nhận được là:

```
f =
```

```
1.0e+003 *
```

```
8.5412
```

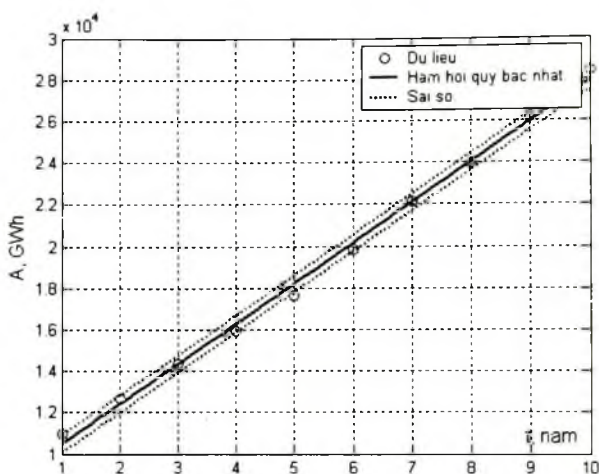
Như vậy hàm dự báo có dạng:

$$A_1 = 1937.9 t + 8541,2 \text{ GWh.}$$

% Để đánh giá sai số ta thực hiện các lệnh:

```
>> err = norm(polyval(f, t) - A); % Sai số
```

```
xx = 1:10;
```



Hình 10.3: Mô hình dự báo dạng tuyến tính.

```
y1 = 1937.10.*xx+8541.2;
```

```
% Biểu thị khoảng tin cậy
```

```
>> [f, S, q] = polyfit(t, A, 1); % Gọi lại hàm tương quan
```

```
[yy, delta] = polyval(f, xx, S, q); % Sai so
```

```
plot(t, A, 'o', xx, y1, 'r', xx, [y1 - delta; y1 + delta], 'r :'); % Sai so
```

```
xlabel('t, nam'), ylabel('A, GWh')
```

```
grid;
```

```
legend('Du lieu', 'Ham hoi quy bac nhat.', 'Sai so.', 1)
```

Đồ thị dữ liệu và hàm dự báo được thể hiện trên hình 10.2.

```
% Sai số được xác định với chuỗi lệnh:
```

```
>> ssb=(A-y1).^2;
```

```
er=sqrt(sum(ssb)./size(t))*100/mean(A); % Sai so tương đối
```

$ert=er(1)$

Kết quả nhận được

$ert =$

5.5379

Như vậy sai số giữa dữ liệu và hàm dự báo là 5,5379 %.

b) Xây dựng hàm dự báo theo mô hình parabol

Bài toán được tiến hành với các bước tương tự như trên với các lệnh:

$>> t=1:10;$

$A=[10986 \ 12651 \ 14333 \ 15953 \ 17655 \ 19831 \ 22120 \ 23925 \ 26160$
 $28380];$

$f = \text{polyfit}(t, A, 2)$

Kết quả nhận được:

$f =$

$1.0e+003 *$

$0.0432 \ 1.4630 \ 10.4910$

Như vậy hàm dự báo có dạng:

$A_t = 43,2t^2 + 1463 t + 9491 \text{ GWh.}$

Để đánh giá sai số ta thực hiện các lệnh:

$>> err = \text{norm}(\text{polyval}(f, t) - A); \% \text{ Sai so}$

$xx = 1:10;$

$y2 = 43.2.*xx.^2+1463.*xx+9491;$

$[f, S, q] = \text{polyfit}(t, A, 2); \% \text{ Goi lai ham tuong quan}$

$[y2, delta] = \text{polyval}(f, xx, S, q); \% \text{ Sai so}$

$\text{plot}(t, A, 'o', xx, y2, 'r', xx, [y2 - delta; y2 + delta]', 'r :');$

$\text{xlabel}('t, \text{nam}'), \text{ylabel}('A, \text{GWh}')$

$\text{grid};$

```

legend('Du lieu', 'Ham hoi quy bac hai.', 'Sai so.', 2)
>> ssb=(A-y2).^2;
er=sqrt(sum(ssb)./size(t))*100/mean(A); % Sai so tuong doi
ert=er(1)

```

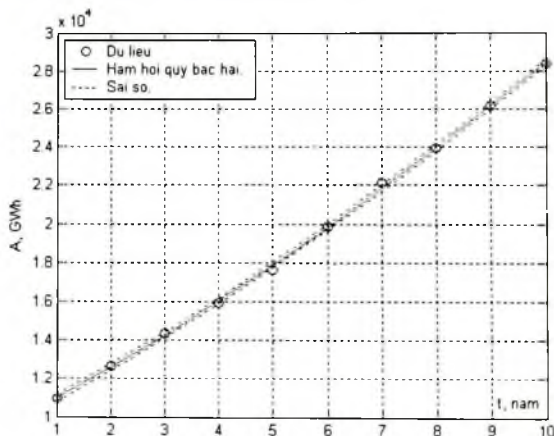
Kết quả là:

ert =

1.9934

Như vậy sai số tương đối ở mô hình parabol là gần 2%, nhỏ hơn nhiều so với mô hình tuyến tính là 5,5379 %.

Đồ thị dữ liệu và hàm dự báo dạng parabol được thể hiện trên hình 10.4.



Hình 10.4: Mô hình dự báo dạng parabol.

10.4. Bài tập

Bài tập 10.1. Một khu chung cư gồm $n=158$ hộ gia đình, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ là $p_0=1,62\text{kW}$ (không dùng bếp điện), $\cos\varphi = 0.92$; Phụ tải động lực gồm các động cơ vệ sinh kỹ thuật với công suất định mức tương ứng là:

P_{dl}, kW	25	16	10	7,5	5,6	3
$\cos\varphi$	0,74	0,78	0,72	0,67	0,80	0,78

Hãy xác định phụ tải tính toán theo hai phương pháp:

a. Phương pháp số gia;

b. Phương pháp hệ số nhu cầu.

Bài tập 10.2. Hãy xác định phụ tải tính toán của một phân xưởng sản xuất gồm có 11 thiết bị tiêu thụ điện với các tham số của thiết bị như sau:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P_{n_i}, kW	45	30	25	22	20	20	16	16	10	7,5	5
k_{sd}	0,63	0,49	0,55	0,52	0,46	0,60	0,63	0,72	0,70	0,68	0,66
$\cos\varphi$	0,75	0,71	0,72	0,78	0,68	0,80	0,80	0,82	0,8	0,75	0,74

Bài tập 10.3. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một xí nghiệp gồm 4 phân xưởng sản xuất với các thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng bt.10.3 sau:

Bảng bt.10.3. Dữ kiện bài toán Ví dụ 10.3

PX	T.số	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	P_{n_i}, kW	45	30	25	22	20	20	16	16	10	
	k_{sd}	0,63	0,49	0,55	0,52	0,46	0,60	0,63	0,72	0,70	
	$\cos\varphi$	0,75	0,71	0,72	0,78	0,68	0,80	0,80	0,82	0,8	
2	P_{n_i}, kW	25	22	20	16	10	10	7,5	6,3	5	
	k_{sd}	0,55	0,52	0,46	0,72	0,70	0,62	0,61	0,55	0,52	
	$\cos\varphi$	0,72	0,78	0,68	0,82	0,8	0,72	0,71	0,72	0,78	
3	P_{n_i}, kW	2,8	8	10	16	4,5	1,5	5,5	5,5	5,5	8
	k_{sd}	0,35	0,32	0,32	0,23	0,26	0,42	0,35	0,26	0,45	0,45
	$\cos\varphi$	0,67	0,58	0,58	0,65	0,66	0,62	0,67	0,66	0,67	0,67
4	P_{n_i}, kW	8,5	3	7,5	6,3	10	7,5	40	35		
	k_{sd}	0,37	0,3	0,41	0,45	0,47	0,45	0,53	0,45		
	$\cos\varphi$	0,66	0,58	0,63	0,67	0,7	0,63	0,9	0,58		

Bài tập 10.4. Số liệu đo đếm trên thanh cái trạm biến áp trong một ngày đêm sau mỗi giờ được cho trong bảng:

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P, kW	121	132	124	127	132	168	208	216	254	281	305	312
t	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P, kW	307	296	315	302	278	256	218	284	323	337	262	158

Hãy xây dựng đồ thị phụ tải và xác định các tham số của đồ thị theo phương pháp:

Bài tập 10.5: Số liệu phụ tải của một khu vực thống kê được trong 8 năm quá khứ được thể hiện trong bảng dl 10.5. Hãy xây dựng mô hình dự báo phụ tải dạng parabol và xác định phụ tải dự báo trong giai đoạn đến năm thứ 15:

Bảng dl10.5

t	1	2	3	4	5	6	7	8
P, MW	489	565	655	741	828	925	1018	1128

Bài tập 10.6: Tổng điện năng tiêu thụ trong lĩnh vực công nghiệp của Việt Nam trong 10 năm gần đây là:

t	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
A, GWh	9088	10503	12681	15290	17896	21302	24326	29105	32450	37192

Hãy xây dựng hàm dự báo và đánh giá sai số theo mô hình parabol và đánh giá sai số.

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 10:

interp1 dùng để tra các số liệu cho trong bảng

ttptpsogia dùng để tính toán phụ tải theo phương pháp số gia

ttptphsnhucan dùng để tính toán phụ tải theo phương pháp hệ số nhu cầu;

ptpxuong dùng để tính toán phụ tải của phân xưởng sản xuất;

stairs và *barcycle* dùng để xây dựng biểu đồ phụ tải ngày đêm;

polyfit dùng để xác định các hệ số của hàm dự báo dạng đa thức;

polyval dùng để xác định các giá trị phụ tải trong thời gian dự báo.

Mạng điện

11.1. Dữ liệu về dây dẫn và máy biến áp

11.1.1. Dữ liệu dây dẫn

Dữ liệu về các tham số của dây dẫn như suất điện trở, suất điện dẫn được ghi trong các tệp ***DdU0.4***, ***DdU10***, ***DdU22***, ***DdU35***, ***DdU110***, ***DdU220*** và ***DdU500***. Các con số đi theo ký hiệu chỉ cấp điện áp của đường dây. Để đơn giản cho việc thiết lập chương trình MATLAB đối với các bài toán về mạng điện, nên cài đặt trước các tệp dữ liệu này vào máy dưới dạng m.file. Điều đó sẽ giúp ích cho quá trình nhập dữ liệu và đơn giản hóa chương trình. Dưới đây biểu thị nội dung và cấu trúc của các tệp dữ liệu này:

1) Tệp dữ liệu ***DdU0.4***

```
% Day dan U=0.4kV
[A25]=[1.28+j*0.35];
[A35]=[0.82+j*0.33];
[A50]=[0.64+j*0.32];
[A70]=[0.46+j*0.31];
[A95]=[0.33+j*0.30];
[A120]=[0.27+j*0.30];
[A150]=[0.21+j*0.29];
```

2) Tệp dữ liệu ***DdU10***

```
% Day dan U=10kV
```

$[AC25] = [1.38 + j \cdot 0.412];$
 $[AC35] = [0.85 + j \cdot 0.400];$
 $[AC50] = [0.65 + j \cdot 0.392];$
 $[AC70] = [0.46 + j \cdot 0.381];$
 $[AC95] = [0.33 + j \cdot 0.370];$
 $[AC120] = [0.27 + j \cdot 0.363];$
 $[AC150] = [0.21 + j \cdot 0.357];$
 $[AC185] = [0.17 + j \cdot 0.352];$
 $[AC240] = [0.12 + j \cdot 0.343];$
 $[XLPE50] = [0.39 + j \cdot 0.24];$
 $[XLPE70] = [0.27 + j \cdot 0.27];$
 $[XLPE95] = [0.193 + j \cdot 0.31];$
 $[XLPE120] = [0.153 + j \cdot 0.33];$
 $[XLPE150] = [0.124 + j \cdot 0.36];$

3) Tập dữ liệu ***DdU22***

% Dãy dan $U=22kV$

$[AC25] = [1.38 + j \cdot 0.426];$
 $[AC35] = [0.85 + j \cdot 0.414];$
 $[AC50] = [0.65 + j \cdot 0.405];$
 $[AC70] = [0.46 + j \cdot 0.395];$
 $[AC95] = [0.33 + j \cdot 0.384];$
 $[AC120] = [0.27 + j \cdot 0.377];$
 $[AC150] = [0.21 + j \cdot 0.371];$
 $[AC185] = [0.17 + j \cdot 0.365];$
 $[AC240] = [0.12 + j \cdot 0.363];$

4) Tập dữ liệu ***DdU35***

% Day đản U=35kV

% AC ro xo

$$[AC25] = [1.38+j*0.4438];$$

$$[AC35] = [0.85+j*0.4290];$$

$$[AC50] = [0.65+j*0.4180];$$

$$[AC70] = [0.46+j*0.4080];$$

$$[AC95] = [0.33+j*0.4000];$$

$$[AC120] = [0.27+j*0.393];$$

$$[AC150] = [0.21+j*0.390];$$

$$[AC185] = [0.17+j*0.384];$$

$$[AC240] = [0.12+j*0.380];$$

5) Tập dữ liệu ***DdU110***

% Day đản U=110kV

% ACO ro xo bo

$$[ACO50] = [0.65+j*0.441, 2.72*10^{-6}];$$

$$[ACO70] = [0.46+j*0.430, 2.79*10^{-6}];$$

$$[ACO95] = [0.33+j*0.423, 2.85*10^{-6}];$$

$$[ACO120] = [0.27+j*0.415, 2.90*10^{-6}];$$

$$[ACO150] = [0.21+j*0.409, 2.92*10^{-6}];$$

$$[ACO185] = [0.17+j*0.406, 2.96*10^{-6}];$$

$$[ACO240] = [0.12+j*0.401, 2.98*10^{-6}];$$

$$[ACO300] = [0.10+j*0.398, 3.00*10^{-6}];$$

$$[ACO400] = [0.07+j*0.396, 3.03*10^{-6}];$$

6) Tập dữ liệu ***DdU220***

% Day dan U=220kV

% ACO ro xo bo

[ACO185]=[0.17+j*0.434, 2.60*10^-6];

[ACO240]=[0.12+j*0.430, 2.64*10^-6.];

[ACO300]=[0.10+j*0.424, 2.68*10^-6];

[ACO400]=[0.07+j*0.415, 2.74*10^-6];

[ACO400]=[0.06+j*0.419, 2.76*10^-6];

Khi cần tra số liệu dây dẫn, bạn chỉ cần gọi tên tệp tương ứng. Ví dụ muốn tìm suất điện trở z_0 và điện dẫn b_0 của dây ACO95 cấp điện áp 110kV, bạn cần gõ:

>> clear % Lenh nay cho phép xoa cac lenh da dung truuoc do

DdU110;

ACO95

Khi đó trên màn hình sẽ xuất hiện các tham số của dây dẫn này dưới dạng:

ACO95 =

0.3300 + 0.4230i 0.0000

Đây là ma trận tham số dây dẫn với cột đầu là $z_0=r_0+jx_0$ Ω/km và cột thứ hai là b_0 .siemen/km. Vì b_0 có giá trị rất nhỏ nên nếu muốn biết chính xác, bạn cần gõ thêm lệnh format long. Khi đó kết quả nhận được là:

ACO95 =

0.330000000000000 + 0.423000000000000i 0.000002850000000.

Các cơ sở dữ liệu đầy đủ về các loại dây dẫn nhôm lõi thép có thể tra trong tệp có tên là **AC.m**. Toàn bộ dữ liệu của tệp này được thể hiện như sau:

%I cho phép. A

% d GMR Fal. Ffe r0 lng Itr m.kg/km

DAC16 =[0.54 0.21 15.26 1.13 2.06 86 62 62 '];

DAC25 =[0.66 0.26 22.80 2.54 1.38 107 82 92 '];

```

DAC35  =['0.84 0.33 36.93 3.8 0.85 144 111 150'];
DAC50  =['0.96 0.37 48.23 8.04 0.65 172 135 196'];
DAC70  =['1.14 0.44 68.00 11.34 0.46 217 172 275'];
DAC95  =['1.35 0.53 95.38 15.9 0.33 271 213 386'];
DAC120 =['1.52 0.59 115.27 21.98 0.27 312 250 492'];
DAC150 =['1.70 0.66 126.38 26.0 0.21 365 299 617'];
DAC185 =['1.90 0.74 181.00 34.4 0.17 418 349 771'];
DAC240 =['2.16 0.84 238.00 43.1 0.132 496 414 997'];
DAC300 =['2.42 0.94 295.00 56.3 0.107 566 476 1257'];
DAC400 =['2.80 1.09 395.00 72.2 0.080 677 582 1660'];
DACO150 =['1.66 0.65 147.71 17.8 0.2 370 305 559'];
DACO185 =['1.84 0.72 226.32 21.98 0.17 418 349 687'];
DACO240 =['2.16 0.84 116.06 31.65 0.13 496 414 937'];
DACO300 =['2.36 0.92 291.00 37.2 0.108 566 476 1098'];
DACO400 =['2.72 1.06 392.0 49.5 0.080 677 582 1501'];
DACO500 =['3.02 1.18 482.0 59.7 0.065 778 670 1836'];
DACO600 =['3.31 1.29 578.0 72.2 0.055 863 756 2206'];
DACO700 =['3.71 1.44 712.0 93.3 0.044 1010 885 2756'];
DACY120 =['1.55 0.60 119.22 26.6 0.26 315 252 530'];
DACY150 =['1.75 0.68 147.19 34.34 0.20 367 300 678'];
DACY185 =['1.96 0.76 184.63 43.08 0.16 420 350 850'];
DACY240 =['2.24 0.87 241.15 56.27 0.12 498 415 1111'];
DACY300 =['2.52 0.98 297.0 72.2 0.106 566 476 1390'];
DACY400 =['2.90 1.13 400.0 93.3 0.079 677 582 1840'];
name= input('Go ma hieu day dan giua cac dau phay tren ("-> ');

```

```

if exist(name)
disp(' ')
fprintf(' d GMR Fal Ffe r0 Ing Itr m \n')
fprintf(' cm cm mm2 mm2 Ohm/km A A kg/km \n')
fprintf(' '), fprintf(eval(name')), fprintf('\n')
else, disp(' '), disp(' Ma day khong co. Hay thu lai lan nua!')
disp(' Ma day can go giua cac dau phay tren ("')')
end

```

Chương trình **AC** cho phép tra các tham số về kích thước của các dây dẫn AC, ACO và ACY đang được sử dụng phổ biến ở Việt Nam. Lưu ý, để phân biệt với lệnh gọi tham số dây dẫn, ở đây bạn cần thêm chữ D vào trước mã hiệu dây. Chẳng hạn khi cần tra dữ liệu về kích thước dây AC50 bạn gõ:

```
>> AC;
```

Khi đó sẽ có dòng chữ nhắc bạn gõ mã hiệu dây dẫn giữa các dấu phẩy trên như sau:

Go ma hieu day dan giua cac dau phay tren ->

Bạn gõ '**DAC50**' và ấn enter, trên màn hình sẽ xuất hiện dãy số liệu:

```

d GMR Fal Ffe r0 Ing Itr m
cm cm mm2 mm2 Ohm/km A A kg/km
0.96 0.37 48.23 8.04 0.65 172 135 196

```

Số đầu tiên cho biết đường kính dây AC50 là 0,96cm; Số thứ hai là bán kính trung bình hình học GMR, số thứ ba và thứ tư tương ứng là diện tích tiết diện nhôm F_{Al} và thép F_{Fe} tính bằng mm^2 ; Số thứ năm là suất điện trở r_0 ở nhiệt độ 20°C tính bằng Ω/km ; Số thứ sáu và thứ bảy tương ứng là dòng điện cho phép ngoài trời và trong nhà tính bằng A và số cuối cùng là khối lượng dây tính bằng kg/km .

Nếu bạn gõ sai mã hiệu dây, thì máy sẽ nhắc bạn thử lại lần nữa. Ví dụ nếu thay vì 'DAC50', bạn chỉ gõ 'AC50', thì sẽ có dòng chữ nhắc nhở hiện ra như sau:

Ma đây không có, Hay thu lại lần nữa!

Ma đây còn có giữa các dấu phẩy trên (!)!

Chương trình **acsr**, cho phép hiển thị mã dây dẫn và các tham số của dây ACSR (Aluminum Conductor Steel-Reinforced), là loại dây nhôm lõi thép tăng cường, được sử dụng phổ biến ở Mỹ và các nước phương Tây. Người sử dụng sẽ được nhắc gõ tên mã dây giữa các dấu phẩy trên (!). Chẳng hạn khi ta gõ lệnh **acsr**, và ấn enter, thì trên màn hình sẽ xuất hiện bảng mã số dây dẫn bằng tiếng Anh:

*bittern bluebird bluejay bobolink canary cardinal chickadee
1272000 2156000 1113000 1431000 900000 954000 397500
chukar condor crane crow curlew dove drake
1781000 795000 874500 715500 1033500 556500 795000
eagle egret falcon finch flamingo flicker grackle
556500 636000 1590000 1113000 666600 477000 1192500
grosbeak hawk hen ibis joree kiwi lapwing
636000 477000 477000 397500 2515000 2167000 1590000
lark linnet mallard martin merlin oriole ortolan
397500 336400 795000 1351000 336400 336400 1033500
osprey ostrich parakeet parrot partridge peacock pelican
556500 300000 556500 1510500 266800 605000 477000
pheasant piper plover rail redwing rook squab
1272000 300000 1431000 954000 715500 636000 605000
starling tern thrasher waxwing
715500 795000 2312000 266800*

Chương trình sẽ nhắc bạn gõ tên mã hiệu dây như sau:

Enter ACSR code name within single quotes (!) ->.

Sau khi mã dây được gõ vào giữa hai dấu ' (ví dụ 'rook') trên màn hình sẽ hiện ra kết quả là:

Al Area Strand Diameter GMR Resistance Ohm/Km Ampacity
CMILS Al/St cm cm 60Hz,25C 60HZ,50C Ampere
 636000 54/7 2.4816 1.0028 0.09198 0.10490 770

Điều đó có nghĩa là dây dẫn **rook** (tên mã dây được chỉ định để dễ dàng tham chiếu) có kích thước tiết diện 63600 mils, gọi là circular mils (CMIL). (1mil= 10^{-3} inch=0,0254 mm), tỷ lệ diện tích nhôm/thép là 54/7, đường kính dây (Diameter) là 2,4816 cm, bán kính trung bình hình học (GMR - geometric mean radius) là 1,0028 cm, suất điện trở ứng với tần số 60Hz ở nhiệt độ 25°C là 0,09198 Ω /km và ứng với nhiệt độ 50°C là 0,1049 Ω /km, khả năng mang tải (dòng điện cho phép) của dây dẫn là 770 A. Như vậy để áp dụng cho các loại dây dẫn đang sử dụng ở nước ta, bạn cần có sự so sánh để chọn mã dây tương đương (xem chi tiết trong các sổ tay thiết kế mạng điện).

Ở đây lưu ý với bạn đọc một số khái niệm sau:

- **GMR** - Geometric Mean Radius là bán kính của dây dẫn giả tưởng không có nội dòng nhưng có điện cảm đúng bằng giá trị thực tế của dây dẫn bán kính r , nó có thể được xác định bằng biểu thức:

$$GMR = R_s = r.e^{-\frac{1}{4}}$$

Trong đó:

r – bán kính thực tế của dây dẫn.

GMR thường được áp dụng để xác định điện cảm của dây dẫn. Giá trị điện cảm giữa hai dây dẫn cách nhau một khoảng a sẽ là:

$$L = 0,2 \ln \frac{a}{R_s}$$

- **GMD** - Geometric Mean Distance là khoảng cách trung bình hình học của các pha, xác định theo biểu thức:

$$GMD = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ac}}$$

Trong đó:

D_{ab}, D_{bc}, D_{ac} - khoảng cách giữa các pha.

- **GMR_L** – bán kính trung bình hình học để tính điện cảm trong trường hợp mạch kép, được xác định theo biểu thức:

$$GMR_L = \sqrt[3]{D_{SA} D_{SB} D_{SC}};$$

Trong đó:

$$D_{SA} = \sqrt{D_S^b D_{a_1 a_2}}; \quad D_{SB} = \sqrt{D_S^b D_{b_1 b_2}}; \quad D_{SC} = \sqrt{D_S^b D_{c_1 c_2}};$$

$D_{a_1 a_2}, D_{b_1 b_2}, D_{c_1 c_2}$, - khoảng cách giữa các pha mạch 1 và mạch 2;

D_S^b - khoảng cách đẳng trị giữa các sợi trong một pha:

Đối với phân pha hai sợi: $D_S^b = \sqrt{R_s \cdot d}$;

Đối với phân pha ba sợi: $D_S^b = \sqrt[3]{R_s \cdot d^2}$

Đối với phân pha bốn sợi: $D_S^b = 1,09 \sqrt[4]{R_s \cdot d^3}$

d - khoảng cách thực tế giữa các sợi trong một pha.

Điện cảm trong trường hợp này được xác định theo biểu thức:

$$L = 0,2 \ln \frac{GMD}{GMD_L}, \text{ mH / km}$$

- **GMR_C** – bán kính trung bình hình học để tính điện dung trong trường hợp mạch kép, được xác định theo biểu thức:

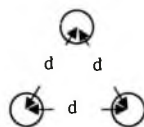
$$GMR_C = \sqrt[3]{R_A R_B R_C};$$

$$R_A = \sqrt{r^b \cdot D_{a_1 a_2}}; \quad R_B = \sqrt{r^b \cdot D_{b_1 b_2}}; \quad R_C = \sqrt{r^b \cdot D_{c_1 c_2}};$$

r^b - bán kính đẳng trị của dây dẫn:

Đối với phân pha hai sợi: $r^b = \sqrt{r \cdot d}$;

Đối với phân pha ba sợi: $r^b = \sqrt[3]{r \cdot d^2}$



Đối với phân pha bốn sợi: $r^b = 1,09\sqrt[3]{r.d^3}$

Điện dung trong trường hợp này được xác định theo biểu thức:

$$C = \frac{0,0556}{\ln \frac{GMD}{GMD_c}}, \mu F / km$$

11.1.2. Dữ liệu máy biến áp

Các dữ liệu về máy biến áp được tra bởi các lệnh **BA10**; **BA22**, **BA35**, **BA110**, **BA220** và **BA500**, trong đó các con số đi sau ký hiệu BA chỉ cấp điện áp sơ cấp của máy biến áp. Đối với các máy biến áp phân phối (10÷35 kV) các lệnh này cho phép tra các tham số bao gồm: công suất định mức S_n tính bằng kVA, tổn thất trong mạch từ DP_0 tính bằng kW, tổn thất trong các cuộn dây DP_k tính bằng kW, điện áp ngắn mạch U_k tính bằng phần trăm, dòng điện không tải I_0 tính bằng phần trăm, điện trở tác dụng R_b và điện trở phản kháng X_b tính bằng đơn vị tương đối (pu) ứng với chế độ định mức của máy biến áp. Đối với các máy biến áp truyền tải (110÷500 kV) các lệnh này cho phép tra các tham số bao gồm: công suất định mức S_n tính bằng MVA, tổn thất trong mạch từ DP_0 tính bằng kW, tổn thất trong các cuộn dây DP_k tính bằng kW, điện áp ngắn mạch U_k tính bằng phần trăm, dòng điện không tải I_0 tính bằng phần trăm. Ví dụ để tra các tham số của máy biến áp phân phối 22/0,4kV công suất 100 kVA, ta cần thực hiện các lệnh như sau:

>> BA22;

Khi đó trên màn hình sẽ xuất hiện dòng chữ:

Go ma hieu may BA giua cac dau phay tren ('')->

Ta gõ mã hiệu máy biến áp vào giữa hai dấu phẩy trên: 'BA100', khi đó các số liệu của máy biến áp sẽ được hiển thị dưới dạng:

S_n	DP_0	DP_k	U_k	I_0	R	X
kVA	kW	kW	pt	pt	(pu)	(pu)
100	0.32	2.05	4	7.5	0.013	0.038

Để tra các tham số của máy biến áp truyền tải 220 kV công suất 40 MVA ta cần thực hiện các lệnh như sau:

>> BA220;

Khi đó trên màn hình sẽ xuất hiện dòng chữ:

Go ma hieu may BA giua cac dau phay tren (')->

Ta gõ mã hiệu máy biến áp vào giữa hai dấu phẩy trên: 'BA40', khi đó các số liệu của máy biến áp sẽ được hiển thị dưới dạng:

<i>Sn</i>	<i>DP0</i>	<i>DPK</i>	<i>Uk</i>	<i>I0</i>
<i>MVA</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>pt</i>	<i>pt</i>
40	125	350	14	4.2

Như vậy ta thấy các lệnh tra số liệu của các phần tử mạng điện cho phép thực hiện các phép tính tiếp theo một cách thuận tiện và dễ dàng.

11.2. Xác định các tham số hệ thống của sơ đồ thay thế

Các bài toán xác định tham số và sơ đồ thay thế của các phần tử mạng điện được giải với các chương trình đơn giản trong hộp công cụ power system toolbox, soạn riêng cho các phần tử cụ thể như đường dây 220 kV trở lên, đường dây 110 kV, đường dây phân phối, máy biến áp ba pha hai cuộn dây, máy biến áp ba pha ba cuộn dây v.v. Để có được các chương trình này bạn cần phải có một đĩa CD và khẳng định máy của bạn đã được cài đặt.

11.2.1. Xác định các tham số đường dây

1) Đường dây truyền tải

Để xác định các tham số của đường dây truyền tải, ta có thể xây dựng chương trình hoặc áp dụng hàm tsoddt(dld) có sẵn trong toolbox trong đó tsoddt là tên hàm, còn dld là mảng dữ liệu, được thể hiện dưới dạng như sau:

dld=[U,l,a,d,gam,F,mo,mt,del];

Trong đó:

U – điện áp, kV; l – chiều dài đường dây, km; a – khoảng cách giữa các pha, m; d – đường kính trung bình của dây dẫn, cm; gam – điện dẫn suất của vật liệu dẫn, $1/(\Omega.m)$; F – tiết diện dây dẫn, mm^2 ; mo, mt, del – các hệ số về điều kiện khí hậu.

Chương trình xác định các tham số đường dây truyền tải được viết như sau:

```
>> rd=dld(:,4)/2;
Dtb=(dld(:,3)^3*2)^(1/3);
ro=10^3/(dld(:,5)*dld(:,6));
xo=0.144*log10(Dtb*10^2/rd)+0.016;
Ugh=48.9*dld(:,7)*dld(:,8)*dld(:,9)*rd*log10(Dtb*100/rd);
Ugh1=0.96*Ugh;
Ugh2=1.06*Ugh;
Uf=dld(:,1)/sqrt(3);
dPo=0.18/dld(:,9)*sqrt(rd/Dtb)*(Uf-Ugh)^2;
go=dPo*10^(-3)/dld(:,1)^2;
bo=7.58*10^-6/log10(Dtb/rd);
R=ro*dld(:,2);
X=xo*dld(:,2);
B=bo*dld(:,2);
G=go*dld(:,2);
disp('R   X   Ugh   B   G')
fprintf('%g'), disp([R, X, Ugh, B, G]).
```

Ta xét bài toán cụ thể sau:

Ví dụ 11.1: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 220 kV có dây dẫn là ACO-300, chiều dài $l = 148,6$ km, khoảng cách giữa các

pha là 8,5 m, điện dẫn suất $\gamma=31,5 \text{ } 1/(\Omega.m)$, các hệ số $m_0 = 0,88$; $m_1 = 0,8$ và $\delta = 0,95$. Đường kính trung bình của dây ACO-300 là $d=2,36\text{cm}$.

Giải: Để giải bài toán này, trước hết ta thiết lập ma trận dữ liệu đường dây:

```
>> clear
```

```
U=220; l=148.6; a=8.5; d=2.36; gam=31.5; F=300; mo=0.88; mt=0.8;
del=0.95;
```

```
dld=[U,l,a,d,gam,F,mo,mt,del];
```

```
[R,X,Ugh,B,G]=tsoddt(dld);
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

R	X	Ugh	B	G
15.6257	65.7110	113.7350	0.0012	0.0001

2) Đường dây phân phối

Các tham số của đường dây phân phối cũng được xác định tương tự như đối với đường dây truyền tải, chỉ khác là ở đây ta gọi hàm `tsoddp(dldpp)`. Mạng dữ liệu về đường dây phân phối có dạng như sau:

```
dldpp={U, l, a, d, gam, F};
```

Trong đó:

U – điện áp, kV; l – chiều dài đường dây, km; a – khoảng cách giữa các pha, m; d – đường kính trung bình của dây dẫn, cm; gam – điện dẫn suất của vật liệu dẫn, $1/(\Omega.m)$; F – tiết diện dây dẫn, mm^2 .

Chương trình xác định các tham số đường dây phân phối được viết như sau:

```
>> rd=dldpp(:,4)/2; % Bán kính dây dẫn
```

```
Dtb=(dldpp(:,3)^3*2)^(1/3); % Khoảng cách trung bình giữa các dây
```

```
ro=10^3/(dldpp(:,5)*dldpp(:,6)); % Suất điện trở tác dụng, Ohm/km
```

```
xo=0.144*log10(Dtb*10^2/rd)+0.016; % Suất điện trở phản kháng, Ohm/km
```

```
R=ro*dldpp(:,2); % Điện trở tác dụng, Ohm;
```

```
X=xo*dldpp(:,2); % Dien tro phan khang, Ohm;
```

```
disp('R   X')
```

```
fprintf('%g'), disp([R, X]).
```

Ví dụ 11.2: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 22 kV có dây dẫn là AC-70, chiều dài $l = 26$ km, khoảng cách giữa các pha là 2,2 m. Đường kính trung bình của dây AC-70 là $d=1,14$ cm.

Giải: Ta thực hiện lệnh sau:

```
>> U=22; l=26; a=2.2; d=1.14; gam=31.5; F=70;
```

```
dldpp=[U, l, a, d, gam, F];
```

```
[R, X] = tsoddpp(dldpp);
```

Kết quả là:

R	X
---	---

11.7170	11.4757
---------	---------

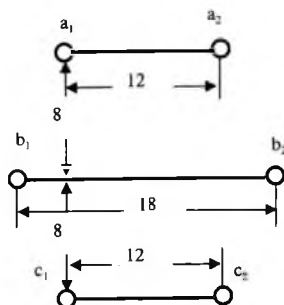
Trong MATLAB còn có một số lệnh cho phép xác định các tham số đường dây, chẳng hạn như lệnh [GMD, GMRL, GMRC]=gmd cho phép xác định khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn GMD (geometric mean distance), bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện cảm của đường dây GMR_L và bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện dung GMR_C . Lệnh [L, C]=gmd2lc cho phép xác định các đại lượng quan trọng của đường dây truyền tải là điện cảm L và điện dung C của đường dây.

Ví dụ 11.3: Xác định các tham số GMD (khoảng cách trung bình hình học), GMRL (bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện cảm) và GMRC (bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện dung) của đường dây truyền tải hai mạch được bố trí dây dẫn theo chiều dọc theo các kích thước thể hiện trên hình 11.1, dây dẫn có đường kính là 3,2 cm được phân pha với 3 sợi ở mỗi pha, bán kính trung bình hình học $GMR = 1,18$ cm, khoảng cách trung bình giữa các sợi là 30cm.

Giải: Ở đây ta áp dụng lệnh:

>> [GMD, GMRL, GMRC]=gmd;

Sau khi lệnh [GMD, GMRL, GMRC]=gmd được gõ vào, trên màn hình sẽ xuất hiện thực đơn với 3 lựa chọn: 1 là mạch đơn; 2 là mạch kép theo chiều dọc và 3 là mạch kép theo chiều ngang như sau:



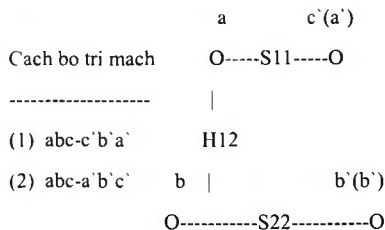
Hình 11.1. Sơ đồ bố trí dây dẫn của đường dây truyền tải ví dụ 11.3.

Tham số đường dây truyền tải diện

Số lượng mạch ba pha	Lựa chọn
-----	----
Dường dây mạch đơn	1
Mạch kép bố trí dọc	2
Mạch kép bố trí ngang	3
Thoát khỏi chương trình	0

Chọn số hiệu thực đơn

Với dữ kiện đầu bài, ta chọn thực đơn 2 và ấn enter, khi đó trên màn hình xuất hiện sơ đồ với các chỉ dẫn thực hiện các bước tính toán như sau:



H23

c | a'(c')

O-----S33-----O

Go (1 hoặc 2) -> 2

Go đơn vị khoảng cách m hoặc ft giữa các dấu phẩy trên ('')-> 'm'

Go vectơ dòng [S11, S22, S33] = [12 18 12]

Go vectơ dòng [H12, H23] = [8 8]

kích thước dây dẫn, đơn vị khoảng cách giữa các sợi dây: go 'cm' hoặc 'in'-> 'cm'

đường kính dây dẫn bằng cm = 3.2

bán kính trung bình hình học bằng cm = 1.18

số sợi dây. (go 1 đối với dây đơn.) = 3

khoảng cách giữa các sợi dây bằng cm = 30

Kết quả nhận được:

GMD = 13.74765 m

GMRL = 1.18384 m GMRC = 1.24547 m

Ví dụ 11.4a: Xác định các tham số điện cảm và điện dung của đường dây truyền tải hai mạch bố trí theo chiều dọc với các dữ kiện như ví dụ 11.3 trên.

Giải: Ở đây ta áp dụng lệnh:

>> [L, C]=gmd2lc;

Sau khi lệnh [L, C]=gmd2lc được gõ vào, trên màn hình sẽ xuất hiện thực đơn với 3 lựa chọn: 1 là mạch đơn; 2 là mạch kép theo chiều dọc và 3 là mạch kép theo chiều ngang như sau:

Tham số đường dây truyền tải diện

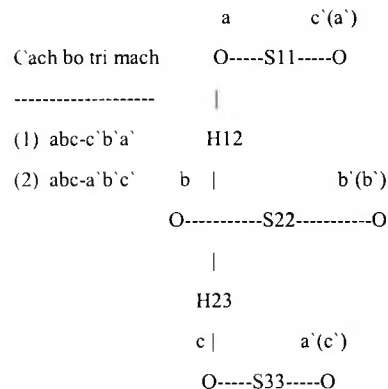
So lượng mạch ba pha

Lựa chọn

Duong day mach don	1
Mach kep bo tri doc	2
Mach kep bo tri ngang	3
Thoat khoi chuong trinh	0

Chon so hieu thuc don 2

Sau khi ta chọn thực đơn số 2 và gõ enter, trên màn hình xuất hiện sơ đồ và các yêu cầu vào dữ liệu:



Go (1 hoặc 2) -> 2

Go đơn vị khoảng cách m hoặc ft giữa các đầu phay trên ('')->'m'

Go vector dòng [S11, S22, S33] = [12 18 12]

Go vector dòng [H12, H23] = [8 8]

kích thước dây dẫn, đơn vị khoảng cách giữa các sợi dây: go 'cm' hoặc 'in'-> 'cm'

đường kính dây dẫn bằng cm = 3.2

bán kính trung bình hình học bằng cm = 1.18

số sợi dây (go 1 đối với dây đơn) = 3

khoang cách giữa các sợi dây bằng $cm = 30$

Máy hỏi đơn vị tính khoảng cách giữa các dây dẫn là 'm' hay 'ft', ở đây ta chọn là 'm', sau đó vào dữ liệu khoảng cách giữa các dây dẫn dưới dạng ma trận. Tiếp theo máy lại hỏi đơn vị tính đường kính dây là 'cm' hay 'in', ở đây ta chọn 'cm' sau đó vào dữ liệu đường kính và bán kính trung bình hình học của dây dẫn. Kết quả nhận được các giá trị L và C như sau:

$$GMD = 13.74765 \text{ m}$$

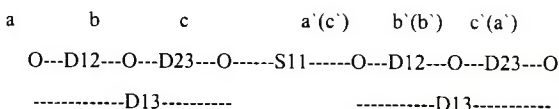
$$GMRL = 1.18384 \text{ m} \quad GMRC = 1.24547 \text{ m}$$

$$L = 0.490421 \text{ mH/km} \quad C = 0.0231562 \text{ micro F/km}$$

Ví dụ 11.4b: Xác định các tham số điện cảm và điện dung của đường dây truyền tải hai mạch bố trí theo chiều ngang với khoảng cách giữa các pha là 12m và khoảng cách giữa hai mạch là 10m.

Giải: Ở đây ta áp dụng lệnh:

[L, C]=gmd2lc; như bài toán trên nhưng chọn thực đơn 3 (bố trí theo chiều ngang), khi đó trên màn hình sẽ xuất hiện sơ đồ với các chỉ dẫn thực hiện các bước tính như sau:



Cách bố trí mạch

(1) abc-a'b'c'

(2) abc-c'b'a'

Go (1 hoặc 2) -> 2

Go đơn vị khoảng cách m hoặc ft giữa các dấu phẩy trên (')->'m'

Go vectơ dòng [D12, D23, D13] = [12 12 24]

Go khoảng cách giữa hai mạch, S11 = 10

kích thước dây dẫn, đơn vị khoảng cách giữa các sợi dây: go 'cm' hoặc 'in' -> 'cm'

đường kính dây dẫn bằng $cm = 3.2$

bán kính trung bình hình học bằng $cm = 1.18$

số sợi dây (gọi là đối với dây đơn) = 3

khoảng cách giữa các sợi dây bằng $cm = 30$

Kết quả nhận được:

$$GMD = 22.17544 \text{ m}$$

$$GMRL = 1.66024 \text{ m} \quad GMRC = 1.74667 \text{ m}$$

$$L = 0.518404 \text{ mH/km} \quad C = 0.0218812 \text{ micro F/km}$$

11.2.2. Xác định các tham số của máy biến áp

1) Máy biến áp phân phối 2 cuộn dây

Để xác định các tham số hệ thống của máy biến áp phân phối hai cuộn dây trước hết ta thiết lập ma trận dữ liệu máy biến áp:

$$BA2 = [S, U, dPo, dPk, Uk, Io];$$

Trong đó:

S – Công suất định mức của máy biến áp, MVA; U – điện áp, kV; dPo – tổn thất không tải, kW; dPk – tổn thất ngắn mạch, kW; Uk – điện áp ngắn mạch, %; Io – dòng điện không tải, %.

Chương trình xác định các tham số đường dây phân phối được viết như sau:

```
>> clear
```

$$Rb = BA2(:,4) * BA2(:,2)^2 * 10^{-3} / BA2(:,1)^2;$$

$$Zb = BA2(:,5) * BA2(:,2)^2 / (100 * BA2(:,1));$$

$$Xb = \sqrt{Zb^2 - Rb^2};$$

```
disp(' Ket qua la:')
```

```
disp('Rb, ohm      Xb      Zb')
```

```
fprintf('%g'), disp([Rb,Xb,Zb])
```

Bài toán có thể được giải bởi lệnh **[Rb,Xb,Zb] = tsombapp2cd(BA2)**.

Ví dụ 11.5. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp phân phối hai cuộn dây loại TM-560/10 (quy về phía thứ cấp) công suất định mức của máy biến áp là 0,56 MVA và điện áp định mức là 10/0,4 kV, với các thông số: $\Delta P_0=1$ kW; $\Delta P_k=7,2$ kW; $U_k=5,7\%$ và $I_0=5,5\%$

Giải: Chương trình MATLAB để giải bài toán được thực hiện như sau:

```
>> clear all
```

```
S=0.56; U=0.4; dPo=1; dPk=7.2; Uk=5.7; Io=5.5;
```

```
BA2=[S, U, dPo, dPk, Uk, Io];
```

```
[Rb,Xb,Zb] = tsombapp2cd(BA2);
```

Kết quả là:

Rb, ohm	Xb	Zb
---------	----	----

0.0037	0.0159	0.0163
--------	--------	--------

2) Máy biến áp cung cấp 2 cuộn dây

Đối với máy biến áp cung cấp, ngoài điện trở ra còn phải xác định điện dẫn. Chương trình MATLAB được xây dựng tương tự: Trước hết cần thiết lập ma trận dữ liệu, sau đó là chương trình tính toán. Ma trận dữ liệu của máy biến áp có dạng:

```
BAC2=[S,U,dPo,dPk,Uk,Io];
```

Trong đó:

S – công suất máy biến áp, MVA; U – điện áp, kV; dP_0 – tổn thất không tải, kW; dP_k – tổn thất ngắn mạch, kW; U_k – điện áp ngắn mạch, %; I_0 – dòng điện không tải, %.

Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> clear
```

```
Rb=BAC2(:,4)* BAC2(:,2)^2*10^-3/BAC2(:,1)^2;
```

```
Zb= BAC2(:,5)*BAC2(:,2)^2/(100*BAC2(:,1));
```

```

Xb=sqrt(Zb^2-Rb^2);
Gb=BAc2(:,3)*10^(-3)/BAc2(:,2)^2;
Bb=BAc2(:,6)*BAc2(:,1)/(BAc2(:,2)^2*10^3);
disp(' Ket qua la:')
disp('Rb  Xb  Zb  Gb  Bb')
fprintf('%g'), disp([Rb,Xb,Zb, Gb, Bb]);

```

Bài toán có thể được giải bởi lệnh **[Rb,Xb,Zb] = tsombacc2cd(BAc2)**.

Ví dụ 11.6. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp hai cuộn dây loại TĐH-16000/115 với công suất định mức $S_{ba}=16$ MVA, điện áp định mức 115/38,5 kV; $\Delta P_0=21$ kW, $\Delta P_k=85$ kW, $U_k=10,5\%$; $I_0=0,85\%$.

Giải: Bài toán được giải bởi lệnh:

```

>> clear
U=115; S=16; dPo=21; dPk=85; Uk=11.5; Io=0.85;
BAc2 =[S,U,dPo,dPk,Uk,Io];
[Rb,Xb,Zb,Gb,Bb] = tsombacc2cd(BAc2);
Ket qua la:

```

Rb	Xb	Zb	Gb	Bb
4.3911	86.6779	86.7891	0.0000	0.0000

Ghi chú: Trong kết quả ta nhận được tham số điện dẫn tác dụng $G_b = 0,0000$ là vì ta đã không ra lệnh format long, nên máy chỉ cho kết quả mặc định với 4 chữ số thập phân sau dấu phẩy, tức là ứng với chế độ format short. Khi đã có lệnh format long thì kết quả sẽ là: $G_b=0.000001587901701$ và $B_b=0.000001028355388$

3) Máy biến áp ba pha ba cuộn dây

Đối với máy biến áp cung cấp, ngoài điện trở ra còn phải xác định điện dẫn. Chương trình MATLAB được xây dựng tương tự như trên. Tuy nhiên ở đây tiện nhất là áp dụng hàm có sẵn trong power system toolbox là:

$[Rt,Xc,Xt,Xh,G,B]=tsomba3cd(BA3pk)$. Ở đây BA3pk là mảng dữ liệu của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây:

$BA3pk=[S,U,Uc,Ut,dPo,dPct,dPch,dPth,Uct,Uch,Uth,Io];$

Trong đó:

S – công suất máy biến áp, MVA; U – điện áp định mức, kV; Uc – điện áp định mức phía cao áp, kV; Ut – điện áp định mức phía trung áp; dPo – tổn thất không tải, kW; dPct – tổn thất ngắn mạch giữa cuộn cao và trung áp, kW; dPch – tổn thất ngắn mạch giữa cuộn cao và hạ áp, kW; dPth – tổn thất ngắn mạch giữa cuộn trung và hạ áp, kW; Uct – điện áp ngắn mạch giữa cuộn cao và trung áp, %; Uch – điện áp ngắn mạch giữa cuộn cao và hạ áp, %; Uth – điện áp ngắn mạch giữa cuộn trung và hạ áp, %; Io – dòng điện không tải, %.

Ví dụ 11.7: Hãy xác định các tham số hệ thống máy biến áp ba cuộn dây ATДЦТН-32000/220/110 với các tham số: $\Delta P_0=32$, kW; $\Delta P_{CT}=210$ kW; $\Delta P_{CH}=145$ kW; $\Delta P_{TH}=145$ kW; $U_{KCT}=11\%$; $U_{KCH}=34\%$; $U_{KTH}=21\%$; $I_0=0,6\%$

Giải: Bài toán được thực hiện với các lệnh sau:

>> clear

$S=32$; $U=230$; $Uc=230$; $Ut=121$; $dPo=32$; $dPct=210$; $dPch=145$; $dPth=145$; $Uct=11$; $Uch=34$; $Uth=21$; $Io=0.6$;

$BA3pk=[S,U,Uc,Ut,dPo,dPct,dPch,dPth,Uct,Uch,Uth,Io];$

$[Rt,Xc,Xt,Xh,G,B]=tsomba3cd(BA3pk);$

Kết quả là:

Rt	Xc	Xt	Xh	G	B
3.9292	198.3750	-16.5313	363.6875	0.0000	0.0004

Trong trường hợp tổn thất ngắn mạch ΔP_k cho chung thì bài toán được giải với lệnh: $[Rt,Xc,Xt,Xh,G,B]=tsomba3cd1(U,BA3);$

Trong đó:

BA3=[S dPo dPk Uct Uch Uth Io]; là ma trận dữ liệu đầu vào với các tham số tương tự như đã xét ở trên.

Ví dụ 11.8: Hãy xác định các tham số hệ thống máy biến áp ba cuộn dây TĐTHΓ.40000/220/38,5 với các tham số: $U_n = 230/38,5/11 \text{ kV}$; $\Delta P_0=54 \text{ kW}$; $\Delta P_k=240\text{kW}$; $U_{kCT}=15,2\%$; $U_{kCH}=24\%$; $U_{kTH}=10,5\%$; $I_0=1,1\%$

Giải: Bài toán được thực hiện với lệnh:

>> clear

U=230; S=40; dPo=54; dPk=240; Uct=15.2; Uch=24; Uth=11.5; Io=1.1;

BA3=[S dPo dPk Uct Uch Uth Io];

[Rt,Xc,Xt,Xh,G,B] = tsomba3cd1(U,BA3);

Ket qua la:

Rc	Rt	Rh	Xc	Xt	Xh	G	B
3.9675	3.9675	5.9512	189.7788	11.2412	127.6213	0.0000	0.0008

11.3. Tính toán chế độ xác lập của đường dây

Bài toán giải tích chế độ xác lập của mạng điện nói chung là một bài toán lớn và khá phức tạp, vì vậy chúng ta sẽ xét chi tiết ở chương 12, trong mục này chúng ta chỉ đề cập đến một số bài toán nhỏ là tính toán chế độ xác lập cho một đường dây, một trạm biến áp, hoặc một đường dây và một trạm biến áp.

11.3.1. Tính toán chế độ xác lập của đường dây phân phối

Đối với các bài toán đơn giản, việc tính toán chế độ xác lập của đường dây có thể thực hiện bằng cách tự soạn các chương trình theo các thuật giải đã biết. Để giải bài toán, trước hết ta cần gọi mảng dữ liệu dây dẫn ứng với các cấp điện áp của đường dây (DdU...) và thiết lập mảng dữ liệu đầu bài sao cho thuận tiện cho quá trình giải, chẳng hạn mảng dữ liệu dạng:

$dIcF=[U, I, S, cof]$;

Trong đó:

U – điện áp của đường dây, kV; l là chiều dài đường dây, km; S là công suất toàn phần truyền tải trên đường dây, kVA và $\cos\phi$ là hệ số công suất. Chúng ta xét cụ thể một số ví dụ sau:

Ví dụ 11.9. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 22 kV làm bằng dây dẫn AC-120 dài 21,6 km, công suất truyền tải trên đường dây là $S=595.5$ kVA; hệ số công suất $\cos\phi=0.83$.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn theo như sau:

```
>> clear
DdU22 ; % Goi du lieu day dan
U=22 ; l=21.6 ; S=595.5 ; cosphi=0.83 ;
dlcF=[U, l, S, cosphi];
Z=AC120*dlcF(2);      % Dien tro duong day
sinphi=sqrt(1-dlcF(4)^2);
P=dlcF(3)*dlcF(4);      % Cong suat tac dung
Q=dlcF(3)*sinphi;      % Cong suat phan khang
dU=(P*real(Z)+Q*imag(Z))/dlcF(1); % Hao ton dien ap, V
dUpt=dU*10^(-1)/dlcF(1); % Hao ton dien ap, %
disp('Ket qua la:')
disp('dU,V          dU,%%')
fprintf('%g'), disp([dU,dUpt])
Ket qua la:
      dU,V      dU,%%
253.9683      1.1544
```

Lời giải của bài toán là tổn thất điện áp trên đường dây $\Delta U=253.9683V$ và $\Delta U\%=1.1544\%$.

Ví dụ 11.11a. Hãy xác định hao tổn điện áp cực đại trên đường dây phân nhánh 35kV (hình 11.2) với số liệu như sau: Phụ tải tại điểm C là $S_C = 386,8$ kVA và tại điểm D là $S_D = 327,8$ hệ số $\cos\phi = 0,8$. Các tham số khác cho trong bảng sau :

Đoạn dây	AB	BC	BD
Dây dẫn AC	120	70	70
Chiều dài, km	24,5	17,8	28,6

Giải : Chương trình giải bài toán được soạn thảo như sau :

```
>> clear
```

```
DdU35
```

```
U=35; cofi=0.8 ;
```

```
Spt=[386.8, 327.8] ; % Phụ tải
```

```
% Doan AB BC BD
```

```
l=[24.5 17.8 28.6]; % Chiều dài đoạn dây
```

```
sinfi=sqrt(1-cofi^2);
```

```
Pc=Spt(1)*cofi;
```

```
Qc= Spt(1)*sinfi;
```

```
Pd=Spt(2)*cofi;
```

```
Qd= Spt(2)*sinfi;
```

```
Pab=Pd+Pc;
```

```
Qab=Qd+Qc;
```

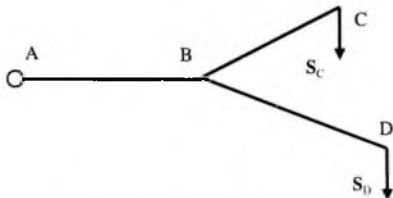
```
Zab=AC120*(1) ;
```

```
Zbc=AC70*(1) ;
```

```
Zbd=AC70*(3) ;
```

```
dUab=(Pab*real(Zab)+Qab*imag(Zab))/U;
```

```
dUbc=(Pc*real(Zbc)+Qc*imag(Zbc))/U;
```



Hình 11.2. Sơ đồ mạng điện ví dụ 11.10.

```

dUbd=(Pd*real(Zbd)+Qd*imag(Zbd))/U;
dUtab=dUab*10^-1/U;
dUtbc=dUbc*10^-1/U;
dUtbd=dUbd*10^-1/U;
dUabc=dUtab+dUtbc;
dUabd=dUtab+dUtbd;
dUt=[dUabc, dUabd];
dUm=max(dUt);
disp(' Ket qua la :')
disp(' dUabc,% dUabd,% dUm,%')
fprintf('%g'), disp([dUabc, dUabd, dUm])

```

Ket qua la :

```

dUabc,% dUabd,% dUm,%
0.9901 1.1147 1.1147

```

Như vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong mạng từ nút A đến nút D là $\Delta U_M = 1,1147\%$.

Ví dụ 11.11b. Hãy xác định hao tổn điện lớn nhất trong mạng điện chiếu sáng ba pha điện áp pha là 220V, chiều dài 458m có phụ tải không đối xứng mắc theo hình sao, biết dòng điện chạy trên các pha là $I_A = 33,5A$, $I_B = 28,6A$ và $I_C = 21,57A$ dây pha được làm bằng dây A-50 và dây trung tính là A-35.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```

>> clear
DdU04;
U=0.22; l=0.458; Ia = 33.5; Ib = 28.6; Ic = 21.57;
DI=[U, l, A50, A35]; % Du lieu dau vao
I=[Ia, Ib, Ic]; % Dong dien chay tren cac day pha

```

```

R=real(Dl(3))*Dl(2);    % Diện trở dây pha
Rt= real(Dl(4))*Dl(2);   % Diện trở dây trung tính
dUa=I(1)*R+(I(1)-0.5*(I(2)+I(3)))*Rt; % Tôn thất điện áp pha A
dUb=I(2)*R+(I(2)-0.5*(I(1)+I(3)))*Rt; % Tôn thất điện áp pha B
dUc=I(3)*R+(I(3)-0.5*(I(2)+I(1)))*Rt; % Tôn thất điện áp pha C
dU=[dUa, dUb, dUc];
dUm=max(dU);            % Tôn thất điện áp cực đại
dUpt=dUm*10^-1/Dl(1);  % Tính theo tỷ lệ phần trăm
disp(' Ket qua la :')
disp(' dUa,V dUb,V dUc,V dU,%')
fprintf('%g'), disp([dUa,dUb,dUc,dUpt])
Ket qua la :
dUa,V dUb,V dUc,V dU,%
12.9799 8.7832 2.7623 5.8999

```

Ví dụ 11.12. Hãy xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp TM-560/10, có các tham số $S_b=560$ kVA, $\Delta P_k=9,4$ kW và $U_k=5,5\%$, biết công suất truyền tải trên đường dây là $S=428,56$ kVA; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,79$.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```

> > clear
Sb=560 ; dPk=9,4 ; Uk=0.055 ;
dlb=[Sb, dPk, Uk]; % Du lieu bien ap
U=10; S=428.56; cofi=0.79;
sinfi=sqrt(1-cofi^2);
P=S*cofi;
Q=S*sinfi;
Rb=dlb(2)*U^2*10^3/dlb(1)^2;

```

```

Zb=dlb(3)*U^2*10^3/dlb(1);
Xb=sqrt(Zb^2-Rb^2);
dUb=(P*Rb+Q*Xb)/U;    % Hao ton dien ap trong mba
dUt=dUb*10^(-1)/U;     % Hao ton dien ap theo ty le phan tram
disp(' Ket qua la :')
disp(' dUb,V    dUt, %')
fprintf('%g', disp([dUb,dUt])
Kết quả hiển thị trên màn hình là:
Ket qua la :
dUb,V    dUt,%
347.2313    3.4723

```

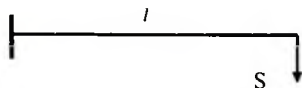
Ví dụ 11.13. Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 22 kV làm bằng dây dẫn AC-95 dài 24,45 km, cung cấp cho một nhà máy có phụ tải tính toán là $S = 740$ kVA, (hình 11.3), hệ số công suất $\cos\varphi=0,8$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=5140$ h.

Giải: Chương trình MATLAB giải bài toán được thực hiện như sau:

```

>> clear
DdU22; U=22; l=24.45;
S=740; cofi=0.8; Tm=5140;
dP=S^2/U^2*real(AC95)*l*10^(-3);
dQ=S^2/U^2*imag(AC95)*l*10^(-3);
to=(0.124+Tm*10^(-4))^2*8760;
dA=dP*to;
P=S*cofi;
A=P*Tm
dAt=dA*100/A;

```



Hình 11.3. Sơ đồ mạng điện ví dụ 11.13.

```
disp(' Ket qua la :')
disp(' dA,kWh dAt,%')
fprintf('%g'), disp([dA,dAt])
Ket qua la :
dA,kWh dAt,%
32550.40 1.07
```

Như vậy tổn thất trong mạng là 32550,4 kWh, tức chiếm khoảng 1,07% điện năng tiêu thụ.

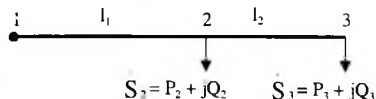
11.3.2. Tính toán chế độ xác lập của đường dây truyền tải

Việc tính toán chế độ xác lập của đường dây truyền tải phức tạp hơn nhiều so với mạng điện phân phối, vì vậy để giải bài toán này ta nên áp dụng các hàm có sẵn trong toolbox (phần này được trình bày chi tiết ở chương 12). Để giải tích chế độ xác lập của đường dây truyền tải ta phải áp dụng các thuật toán dần đúng để thực hiện các bước lặp. Ta xét một ví dụ đặc trưng sau:

Ví dụ 11.14. Hãy tính chế độ xác lập của một đường dây kép 110kV gồm 2 phụ tải (hình 11.4) đoạn đầu dài 85 km làm bằng dây 2xACO.240, đoạn thứ 2 dài 52 km làm bằng dây 2xACO.150. Phụ tải $S_2 = 62,3 + j38,6$ MVA, $S_3 = 42,2 + j28,9$ MVA. Điện áp tại nguồn cung cấp là 115 kV.

Giải: Trước hết ta khai báo các dữ kiện, lệnh *DdU110* cho phép gọi tất cả các dữ liệu dây dẫn của đường dây 110 kV. Trong trường hợp các dữ liệu này chưa được lưu giữ, thì cần phải khai báo suất điện trở z_0 , điện dẫn b_0 . Bài toán được giải với vòng lặp while. Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> clear
DdU110;
L=[85 52]; U1=115; Un=115;
dl=[ACO240, ACO150];
S=[62.3+j*38.6 42.2+j*28.9];
```



Hình 11.4. Sơ đồ mạng điện ví dụ 11.14.

```

Z=0.5*dl(1).*L;
B=2*dl(2).*L;
Qb=j.*U1^2.*B/2;
S23=S(2)-Qb(2);
dx1=0.1;
iter=0;
while abs(dx1) >= 0.01 & iter < 10
iter = iter + 1;
U2o=110+j*0;
dP23=((real(S23))^2+(imag(S23))^2)*real(Z(2))/U1^2;
dQ23=((real(S23))^2+(imag(S23))^2)*imag(Z(2))/U1^2;
dS23=dP23+j*dQ23; % Tong ton that cs tren doan 2-3
St23 = S(2)+dS23-Qb(2);
Ss12=St23+S(1)-Qb(1);
dP12=((real(Ss12))^2+(imag(Ss12))^2)*real(Z(1))/U1^2;
dQ12=((real(Ss12))^2+(imag(Ss12))^2)*imag(Z(1))/U1^2;
dS12=dP12+j*dQ12; % Tong ton that cs tren doan 1-2
St12 = Ss12+dS12;
S12=St12-Qb(1);
dU12=(real(S12)*real(Z(1))+imag(S12)*imag(Z(1)))/U1;
U2=U1-dU12;
dx1=U2-U2o;
U2o=U2+dx1;
dU23=(real(St23)*real(Z(2))+imag(St23)*imag(Z(2)))/U2;
dS=dS12+dS23;
U3=U2-dU23;

```

```

S12=S12+dS;
S23=S23+dS23;
U1=Un-dU12;
U2=U1-dU12-dU23;
disp('Buoc dS12, MVA dS23, MVA dU12, kV dU23, kV');
fprintf('%g'), disp([iter,dS12,dS23,dU12,dU23]);
end

```

Kết quả hiển thị trên màn hình là :

Buoc	dS12,MVA	dS23,MVA	dU12,kV	dU23, kV
1.0000	5.8421 +19.5223i	0.5902 + 1.9723i	16.8116	4.4202
2.0000	8.1059 +27.0873i	0.8614 + 2.8785i	21.2921	5.7780
3.0000	8.9645 +29.9564i	1.0341 + 3.4556i	22.9930	6.3758
4.0000	9.3608 +31.2806i	1.1915 + 3.9816i	23.7915	6.6970
5.0000	9.5946 +32.0620i	1.3639 + 4.5576i	24.2761	6.9231
6.0000	9.7816 +32.6867i	1.5697 + 5.2455i	24.6745	7.1340
7.0000	9.9751 +33.3333i	1.8271 + 6.1055i	25.0930	7.3731
8.0000	11.2091 +34.1155i	2.1593 + 7.2158i	25.6007	7.6754
9.0000	11.5179 +35.1472i	2.6016 + 8.6936i	26.2673	8.0841
11.000	11.9509 +36.5942i	3.2113 +11.7311i	27.1938	8.6695

Như vậy sau 10 bước lặp ta nhận được các kết quả tính toán tổn thất công suất dS và tổn thất điện áp dU trên các đoạn dây 1-2 và 2-3. Bài toán này có thể được giải với sự trợ giúp của hàm được lập sẵn trong toolbox:

```
[dS12,dS23,dU12,dU23] = cdxaclap110(Un,U1, L, dl, S);
```

Kết quả nhận được cũng giống như cách giải trên, dĩ nhiên cách giải này đơn giản và thuận tiện hơn rất nhiều, nhưng lưu ý là hàm **cdxaclap110** phải được lập sẵn và cất giữ trong siêu tệp m.file.

11.4. Tính toán mạng điện kín

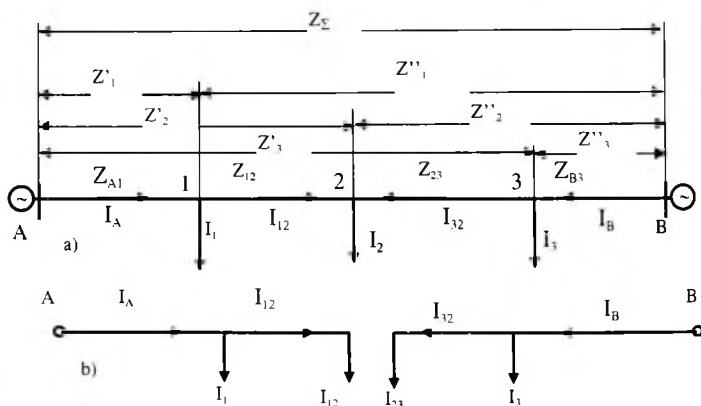
Để tính toán mạng điện kín, trước hết cần tách nó thành các mạng điện hở tại điểm phân dòng là điểm được cung cấp từ hai phía. Muốn vậy, trước hết cần xác định các dòng điện chạy trong mạch. Dòng điện từ nguồn A được xác định theo biểu thức:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^n I_i Z_i''}{Z_{\Sigma}} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}} \quad (11.1)$$

Tương tự, ta có thể xác định được dòng điện đi từ nguồn B:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n I_i Z_i'}{Z_{\Sigma}} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}} \quad (11.2)$$

Trong đó các tham số của mạng điện được biểu thị trên sơ đồ hình 11.5.



Hình 11.5. Sơ đồ giải tích mạng điện hai nguồn cung cấp:

- a) Sơ đồ tính toán;
b) Phân tách mạng điện 2 nguồn cung cấp thành 2 mạng điện một nguồn.

Ví dụ 11.15.b. Một xí nghiệp công nghiệp được cấp điện từ mạng điện 22 kV có hai nguồn (hình 11.6), phụ tải $S_{pt}=675$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi=0.8$. Đường dây từ nguồn A đến xí nghiệp dài 15,7 km là đường dây trên không với dây dẫn là AC-70, còn từ nguồn B đến là đường dây AC-50 dài 13,4 km. Hãy lập trình trên MATLAB xác định dòng công suất chạy trên các tuyến dây và hao tổn điện áp cực đại trong mạng.

Giải: Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> clear
```

```
DdU22; % Goi du lieu
```

```
U=22; Spt=675; cofi=0.8;
```

```
L=[15.7 13.4];
```

```
Zo=[AC70, AC50];
```

```
sinfi=sqrt(1-cofi^2);
```

```
P=Spt*cofi;
```

```
Q=Spt*sinfi;
```

```
Z=Zo.*L;
```

```
Pa=P*Z(:,2)/sum(Z);
```

```
Pb=P*Z(:,1)/sum(Z);
```

```
Qa=Q*Z(:,2)/sum(Z);
```

```
Qb=Q*Z(:,1)/sum(Z);
```

```
dUa=(Pa*real(Z(:,1))+Qa*imag(Z(:,1)))/U;
```

```
dUb=(Pb*real(Z(:,2))+Qb*imag(Z(:,2)))/U;
```

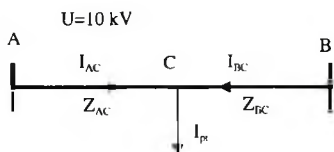
```
dU=max(dUa,dUb);
```

```
dUpt=dU*10^-1/U;
```

```
disp(' Ket qua la :')
```

```
disp(' Pa, kW                      Pb                      Qa, kVar                      Qb                      dU, V ')
```

```
fprintl('%g'), disp([Pa,Pb,Qa,Qb,dU])
```



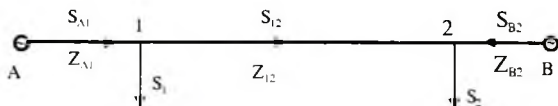
Hình 11.6. Sơ đồ mạng điện ví dụ 11.15.

Kết quả là :

P_a, kW	P_b	$Q_a, kVar$	Q_b	dU, V
280.20	259.80	210.15	194.85	151.22

Ví dụ 11.16. Một mạng điện 22 kV có hai nguồn cung cấp (hình 11.7). điện áp trên thanh cái của nguồn A có giá trị 22.6 kV, còn trên thanh cái nguồn B là 22 kV. Phụ tải $S_{p11} = 240$ kVA và $S_{p12} = 306$ kVA, hệ số $\cos\varphi = 0.82$, chiều dài và mã hiệu dây dẫn cho trong bảng dưới. Hãy xác định điểm phân dòng trong mạng điện.

Đoạn dây	A-1	1-2	B-2
l, km	6,42	8,34	4,28
Mã hiệu dây AC-	95	70	120



Hình 11.7. Sơ đồ mạng điện ví dụ 11.16.

Giải: Dữ liệu của bài toán được khai báo:

```
>> clear all
```

```
DdU22;
```

```
U=[22.6, 22]; % Ua và Ub
```

```
zo=[AC95, AC70, AC120];
```

```
L=[6.42, 8.34, 4.28];
```

```
Z=zo.*L;
```

```
S=[240 306];
```

```
cofi=0.82; sinfi=sqrt(1-cofi^2);
```

```
Spt=S.*cofi+j*S.*sinfi;
```

```

Sa1=U(1)*(U(1)-
U(2))/sum(Z)+(Spt(:,1)*(Z(:,2)+Z(:,3))+Spt(:,2)*Z(:,3))/sum(Z);
Sb2=U(2)*(U(2)-
U(1))/sum(Z)+(Spt(:,2)*(Z(:,1)+Z(:,2))+Spt(:,1)*Z(:,1))/sum(Z);
S12=Sa1-S(:,1);
disp(' Sa1, kVA          Sb2          S12')
fprintf('%g'), disp([Sa1,Sb2,S12])
Kết quả là:

```

```

      Sa1, kVA          Sb2          S12      1.0e+002 *
      1.8104 + 1.2995i   2.6670 + 1.8253i  -0.5896 + 1.2995i

```

Bài toán này có thể giải với sự trợ giúp của hàm **mdkin**. Cú pháp như sau:

```

>> clear
DdU22;
U=[22.6, 22]; % Ua và Ub
zo=[AC95, AC70, AC120];
L=[6.42, 8.34, 4.28];
Z=zo.*L;
S=[240 306];
cofi=0.82;
[Sa1,Sb2,S12] = mdkin(U,zo,L,S,cofi);

```

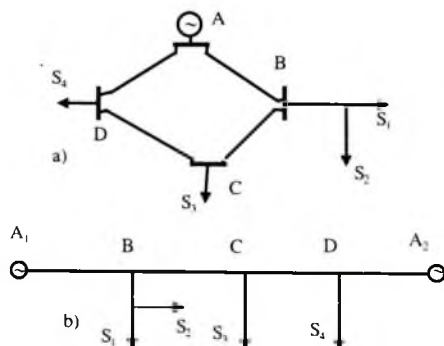
Kết quả nhận được giống như trên. Rõ ràng cách giải thứ hai này rất đơn giản và thuận tiện. đối với các bài toán tương tự ta chỉ cần khai báo dữ kiện và áp dụng một lệnh duy nhất để nhận được kết quả mong muốn.

Ví dụ 11.17. Mạng điện 110 kV có cấu trúc mạch vòng (hình 11.8) với dây dẫn được làm bằng loại AC.240, Chiều dài các đoạn dây và công suất của các điểm tải được cho trong bảng sau:

	A ₁ -B	B-C	C-D	A ₂ -D
$l, \text{ km}$	67,3	48,6	59,7	88,4
Điểm tải	1	2	3	4
$S, \text{ MVA}$	13,4	9,5	23,7	28,6
$\cos\varphi$	0,82	0,83	0,85	0,8

Hãy xác định dòng công suất trên các đoạn dây, điểm phân dòng và hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện.

Giải: Trước hết ta thiết lập sơ đồ mạng điện hai nguồn cung cấp bằng cách cắt nguồn A thành hai phần A₁ và A₂ (hình 11.8b). Các dữ liệu được khai báo dưới dạng ma trận. Ở đây ma trận phụ tải gồm hai dòng và 4 cột: Dòng thứ nhất biểu thị công suất toàn phần S, còn dòng thứ hai biểu thị hệ số công suất tương ứng. Chương trình MATLAB được viết như sau:



Hình 11.8. Sơ đồ mạng điện kín ví dụ 11.17.

```
>> clear
DdU110
U=110;
L=[67.3 48.6 59.7 88.4];
S=[13.4 9.5      23.7 28.6;
```

```

0.82 0.83      0.85 0.8];
sinfi=sqrt(1-S(2,:).^2);
Z=ACO240(1).*L;
Spt=S(1,:).* S(2,:)+j* S(1,:).*sinfi;
Sb=Spt(:,1)+Spt(:,2);
Sa1b=(Sb*(sum(L)-L(:,1))+Spt(:,3)*(L(:,3)+L(:,4))+Spt(:,4)*L(:,4))/sum(L);
Sa2d=(Spt(4)*(sum(L)-L(:,4))+Spt(:,3)*(L(:,2)+L(:,1))+Sb*L(:,1))/sum(L);
Sbc =Sa1b - Sb;
Scd = Sa2d - Spt(4) ;
Qca1 = U^2*ACO240(2)*L(:,1);
Qcbc=U^2*ACO240(2)*L(:,2);
dU=(real(Sa1b)*L(:,1)+real(Sbc)*L(:,2))*real(ACO240(1))/U+...
((imag(Sa1b)-Qca1/2)*L(:,1)+(imag(Sbc)-
Qcbc/2)*L(:,2))*imag(ACO240(1))/U; dUpt=dU*100/U;
disp(' Sa1b,MVA      Sa2d      Sbc      Scd')
fprintf('%g'), disp([Sa1b,Sa2d,Sbc,Scd])
disp('dU %')
fprintf('%g'), disp([dUpt])
Kết quả hiển thị trên màn hình là:
Sa1b,MVA      Sa2d      Sbc      Scd
33.0242+22.4122i 28.8738+20.2010i 14.1512+9.4438i 5.9938+3.0410i
dU % 8.9942

```

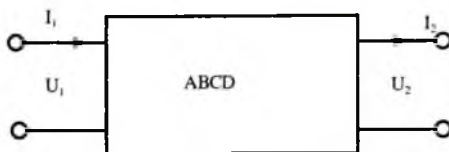
11.5. Đường dây truyền tải siêu cao áp

11.5.1. Xác định mô hình đường dây truyền tải điện

Các đường dây thường được mô tả dưới dạng mạng hai cửa (hình 11.9).

Hệ phương trình trạng thái của đường dây là:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= AU_2 + BI_2 \\ I_1 &= CU_2 + DI_2 \end{aligned} \right\} \quad (11.3)$$



Hình 11.9. Mô hình mạng 2 cửa đường dây.

Hay có thể biểu thị dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (11.4)$$

Trong đó:

U_1, U_2 – điện áp đầu vào và đầu ra của đường dây;

I_1, I_2 – dòng điện đầu vào và đầu ra của đường dây;

A, B, C, D – các hệ số mô hình đường dây.

Đối với đường dây ngắn:

$$A=1; \quad B=Z; \quad C=0; \quad D=1.$$

Đối với đường dây trung bình:

$$A = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right); \quad B=Z; \quad C = Y\left(1 + \frac{ZY}{4}\right); \quad D = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) \quad (11.5)$$

Đối với đường dây dài:

$$A = \cosh(\gamma l); \quad B = Z_c \sinh(\gamma l); \quad C = \frac{1}{Z_c} \sinh(\gamma l); \quad D = \cosh(\gamma l) \quad (11.6)$$

Trong đó:

Z, Y – điện trở và điện dẫn của đường dây;

$\gamma = \sqrt{Z_0 Y_0}$ - hệ số lan truyền sóng trên một đơn vị chiều dài đường dây;

l – chiều dài đường dây, km.

Như vậy các mô hình đường dây được biểu thị thông qua các hệ số ABCD. Trong MATLAB các mô hình đường dây có thể được xác định nhờ sự trợ giúp của các hàm có sẵn trong power system toolbox:

`[Z, Y, ABCD]=zy2abcd(z,y,l),`

`[Z, Y, ABCD]=rlc2abcd(r,L,C,g,f,l),`

`[Z, Y, ABCD]=pi2abcd(Z,Y),`

`[Z, Y, ABCD]=abcd2pi(A,B,C),`

`[L,C]=gmd2lc,`

`[r,L,C,f]=abcd2rlc(ABCD),`

Tùy thuộc vào dữ kiện đầu vào, một trong các hàm trên được áp dụng cho bài toán cụ thể.

Ví dụ 11.18: Đường dây 500kV dài 310km có điện trở dây dẫn là $z=0.045+j*0.4\Omega/\text{km}$ và điện dẫn $y=j*0.4*10^{-6}$ siemens/km. Hãy xác định mô hình pi tương đương và ma trận truyền tải.

Giải: Ở bài toán này ta chọn hàm `[Z, Y, ABCD]=zy2abcd(z,y,l)`, trước hết ta khai báo như sau:

```
>> clear
```

```
z=0.045+j*0.4;
```

```
y=j*0.4*10^-6; l=310;
```

```
[Z, Y, ABCD]=zy2abcd(z,y,l);
```

Sau khi thực hiện chuỗi lệnh, chương trình sẽ nhắc bạn chọn mô hình đường dây ngắn hay đường dây dài:

Go so 1 doi voi dd trung binh hoac 2 cho dd dai -->

Nếu chọn đường dây ngắn gõ số 1, còn chọn đường dây dài, thì gõ số 2.

Nếu gõ số 2, tức là bạn chọn đường dây dài, kết quả hiển thị trên màn hình là:

Mô hình pi tương đương

$$Z' = 13.8786 + j 123.686 \text{ ohms}$$

$$Y' = 1.79297e-008 + j 0.000124159 \text{ siemens}$$

$$Z_c = 1001.58 + j -56.1615 \text{ ohms}$$

$$\alpha l = 0.00696403 \text{ neper} \quad \beta l = 0.124195 \text{ radian} = 7.11587 \text{ degree}$$

$$0.99232 + j 0.00086269 \quad 13.879 + j 123.69$$

$$ABCD =$$

$$-3.5694e-008 + j 0.00012368 \quad 0.99232 + j 0.00086269$$

Có nghĩa là: $A = 0.99232 + j 0.00086269$;

$$B = 13.879 + j 123.69$$

$$C = -3.5694e-008 + j 0.00012368$$

$$D = A$$

Ở đây Z_c là điện trở sóng.

Khi bạn gõ số 1, tức là chọn mô hình đường dây trung bình, lập tức kết quả hiển thị trên màn hình như sau:

Mô hình pi tiêu chuẩn

$$Z = 13.95 + j 124 \text{ ohms}$$

$$Y = 0 + j 0.000124 \text{ Siemens}$$

$$0.99231 + j 0.0008649 \quad 13.95 + j 124$$

$$ABCD =$$

$$-5.3624e-008 + j 0.00012352 \quad 0.99231 + j 0.0008649$$

11.5.2. Xác định các tham số đường dây truyền tải siêu cao áp

Tất cả các tham số của đường dây truyền tải có thể được xác định với sự trợ giúp của hàm *lineperf*. Chương trình này có năm lựa chọn, mỗi lựa chọn sẽ gọi một chương trình hỗ trợ tương ứng. Ta xét các ví dụ cụ thể sau:

Ví dụ 11.19a: Đường dây 500 kV dài 450 km hai mạch với các tham số cho trước là: $r_0=0,035 \Omega/\text{km}$; $g_0=0 \text{ sim/km}$; $L=0,86 \text{ mH/km}$, $C=0,0123 \mu\text{F/km}$. Dòng điện cho phép của đường dây là 3620 A. Hãy xác định các tham số đường dây:

Khi biết phụ tải cuối đường dây $P_2= 680 \text{ MW}$, $Q_2=510 \text{ MVar}$, (hệ số $\cos\phi=0,8$).

Giải:

Sau khi bạn gõ lệnh *lineperf*, thì trên màn hình sẽ xuất hiện một thực đơn bằng tiếng Việt không dấu (với MATLAB nguyên bản, thực đơn bằng tiếng Anh). Tùy thuộc vào dữ kiện và yêu cầu của bài toán với 5 lựa chọn dưới dạng như sau:

MO HÌNH DUONG DAY TRUYEN TAI

Tham so vao	Lua chon
- Cac tham so tren mot don vi chieu dai	
$r(\text{ohms})$, $g(\text{siemens})$ $L(\text{mH})$ & $C(\text{micro F})$	1
- Dien tro va dien dan phuc tren don vi chieu dai	
$r+j*x(\text{ohms/km})$, $g+j*b(\text{siemens/km})$	2
- Mo hình pi hoac mo hình tuong duong pi	3
- Cac hang so A, B, C, D	4
- Cau hình va kích thước dây dẫn	5
- Thoat khoi chương trình	0

Chương trình sẽ yêu cầu bạn lựa chọn các thực đơn:

Hay chon so hieu thuc don -->

Ở bài toán này bạn cần gõ số 1, khi đó máy sẽ lần lượt yêu cầu bạn vào dữ liệu theo đề bài là:

Chieu dai = 450

Tan so Hz = 50

Dien tro dd/phase, ohms/km r = 0.035

Dien cam dd/phase, millihenry/km L = 0.86

Dien dung dd/phase, micro F/km C = 0.0123

Dien dan da/phase, siemens/km g = 0

Go 1 cho duong day trung binh hoac 2 cho duong day dai --> 2

Ở đây chương trình nhắc bạn chọn mô hình đường dây, nếu là đường dây ngắn, thì bạn chọn số 1, còn đối với đường dây dài, thì chọn số 2 (trong trường hợp của chúng ta bạn chọn số 2).

Khi đó kết quả sẽ được hiển thị ngay trên màn hình:

Mô hình pi tương đương

$Z' = 14.6575 + j 117.41 \text{ ohms}$

$Y' = 4.14188\text{e-}006 + j 0.00177016 \text{ siemens}$

$Z_c = 264.973 + j -17.0915 \text{ ohms}$

$\alpha l = 0.02972 \text{ neper} \quad \beta l = 0.460754 \text{ radian} = 26.3993^\circ$

$0.89611 + j 0.013216 \quad 14.657 + j 117.41$

ABCD =

$-7.7706\text{e-}006 + j 0.0016782 \quad 0.89611 + j 0.013216$

Chương trình nhắc bạn nếu tiếp tục bài toán, thì gõ enter, còn không thì gõ số 0 để thoát khỏi chương trình. Trong trường hợp này bạn cần phải tiếp tục, muốn vậy bạn gõ enter, khi đó hàm *lineperf* sẽ tự động tạo ra một thực đơn khác, gọi là *listmenu* gồm 9 lựa chọn, bạn có thể lựa chọn các thực đơn cần thiết cho bài toán phù hợp.

GIAI TICH THAM SO DUONG DAY

Lua chon

- Tinh toan cac tham so dau vao khi da cho phu tai dau ra (ben nhan) MW, Mvar	1
- Tinh toan cac tham so dau ra khi da cho cong suat dau vao MW, Mvar	2
- Tinh toan cac tham so dau vao khi da biet dien tro phu tai	3
- Dd mo & bu phan khang	4
- Dd ngan	5
- Bu phan khang	6
- Bieu do Cong suat dau nhan	7
- Duong cong kha nang mang tai va dien ap doc dd	8
- Thoat khoi chuong trinh	0

Để xác định các tham số của đường dây khi đã biết phụ tải ở đầu cuối, ta chọn số 1. Khi đó chương trình nhắc bạn vào các dữ liệu:

Điện áp =500;

Công suất tác dụng =680;

Công suất phản kháng =510

Kết quả nhận được các tham số của đường dây trên màn hình là:

Tham so dd khi da biet tham so dau ra

$$V_r = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$P_r = 680 \text{ MW } Q_r = 510 \text{ Mvar}$$

$$I_r = 981.495 \text{ A at } -36.8699^\circ \text{ PFr} = 0.8 \text{ thu dong}$$

$$V_s = 606.92 \text{ kV (L-L) at } 14.4391^\circ$$

$I_s = 709.926 \text{ A}$ at -2.65428θ $PF_s = 0.955827$ thu dòng

$P_s = 713.320 \text{ MW}$ $Q_s = 219.355 \text{ Mvar}$

$PL = 33.320 \text{ MW}$ $QL = -290.645 \text{ Mvar}$

Phan tram dieu chinh dien ap = 35.4414

Hieu suat truyền tải dd = 95.3289

Ví dụ 11.19b: Cũng dữ liệu như Ví dụ 11.19a. Xác định các tham số cuối đường dây và hiệu suất truyền tải, khi biết công suất truyền tải là $S_s = 713,3 + j535$ MVA điện áp 520 kV tại đầu đường dây.

Giải: Ở đây sau khi ấn enter tiếp, thực đơn *listmenu* lại hiển thị. Bây giờ bạn chọn số 2, khi đó chương trình tiếp tục yêu cầu vào các dữ kiện đầu bài, bạn thực hiện các thao tác gõ dữ liệu tương ứng: điện áp, công suất, v.v. vào máy và ấn enter, khi đó kết quả sẽ được hiển thị trên màn hình như sau:

Tham so dd khi da biet tham so dau vao

 $V_s = 520 \text{ kV (L-L)}$ at 0θ

$P_s = 713.3 \text{ MW}$ $Q_s = 535 \text{ Mvar}$

$I_s = 989.978 \text{ A}$ at -36.8712θ $PF_s = 0.799987$ thu dòng

$V_r = 353.587 \text{ kV (L-L)}$ at -23.1665θ

$I_r = 1253.09 \text{ A}$ at -54.9366θ $PF_r = 0.850168$ thu dòng

$P_r = 652.443 \text{ MW}$ $Q_r = 404.059 \text{ Mvar}$

$PL = 60.857 \text{ MW}$ $QL = 130.941 \text{ Mvar}$

Phan tram dieu chinh dien ap = 64.0958

Hieu suat truyền tải dd = 91.4683

Ví dụ 11.19c: Xác định các tham số đầu đường dây và hiệu suất truyền tải khi đã biết điện trở phụ tải cuối đường dây $Z_r = 312 + j150$ ở điện áp 500 kV.

Giải: Thực hiện các thao tác tương tự như trên, nhưng bây giờ ta chọn số 3 khi đó máy sẽ yêu cầu vào các dữ kiện đầu bài là điện áp và điện trở phụ tải:

$$U=500$$

$$Z=312+j150$$

Kết quả là:

Dac tinh dd doi voi tro tai xac dinh

$$V_r = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$I_r = 833.876 \text{ A at } -25.6768^\circ \text{ PFr} = 0.901252 \text{ thu dong}$$

$$P_r = 650.846 \text{ MW } Q_r = 312.907 \text{ Mvar}$$

$$V_s = 561.109 \text{ kV (L-L) at } 15.5337^\circ$$

$$I_s = 697.19 \text{ A at } 14.1656^\circ \text{ PFs} = 0.999715 \text{ thu dong}$$

$$P_s = 677.383 \text{ MW } Q_s = 16.178 \text{ Mvar}$$

$$P_L = 26.537 \text{ MW } Q_L = -296.729 \text{ Mvar}$$

$$\text{Phan tram hieu chinh dien ap} = 25.218$$

$$\text{Hieu suat dd truyen tai} = 96.0824$$

Ví dụ 11.19d: Xác định điện áp cuối đường dây khi đường dây kết thúc hở, điện áp đầu đường dây là 500 kV, đồng thời xác định điện trở và công suất của cuộn kháng ba pha lắp ở cuối đường dây để hạn chế điện áp cuối đường dây khi đường dây không tải không vượt quá 500 kV.

Giải: Đối với bài toán này ta cũng thực hiện các thao tác như trên, nhưng chọn **số 4** của **listmenu** . sau khi vào các dữ liệu theo yêu cầu và ấn enter, kết quả hiển thị trên màn hình là:

Duong day mo va cuon khang bu shunt

$$V_s = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$V_r = 557.905 \text{ kV (L-L) at } -0.0147473^\circ$$

$$I_s = 540.576 \text{ A at } 89.4203^\circ \text{ PFs} = 0.0101169 \text{ chu dong}$$

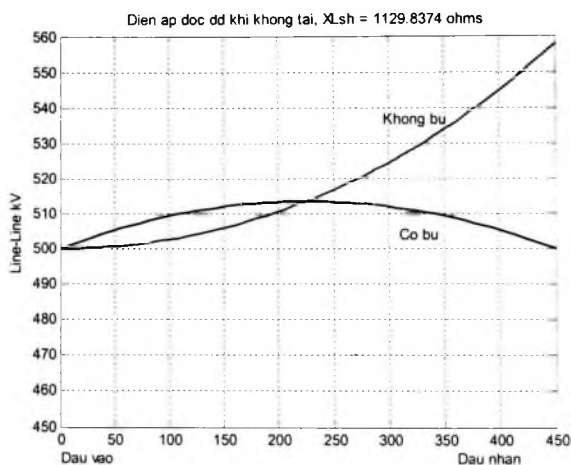
Điện áp cần thiết không tại phía đầu nhận Với cuộn kháng bù shunt kV (L-
L) = 500

Điện áp cần thiết không tại phía đầu nhận = 500 kV

Điện trở kháng cuộn dây Shunt = 1129.84 ohm

Công suất cuộn dây Shunt = 221.27 Mvar

Ngoài kết quả hiển thị trên màn hình, ở cửa sổ đồ thị ta còn nhận được biểu đồ điện áp dọc đường dây trong trường hợp có bù và không có bù, thể hiện trên hình 11.10.



Hình 11.10. Biểu đồ điện áp dọc đường dây trong trường hợp có bù và không có bù.

Ví dụ 11.19e: Xác định các dòng điện đầu và cuối đường dây khi cuối đường dây nối ngắn mạch.

Giải: Đối với bài toán này ta chọn số 5

Chọn số hiệu của menu --> 5

Điện áp dây đầu vào kV = 500

Góc pha điện áp đầu vào θ (tham chiếu 0) = 0

Ngân sách cuối đường dây

$$V_S = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$I_r = 2439.75 \text{ A at } -82.884^\circ$$

$$I_s = 2186.53 \text{ A at } -82.0391^\circ$$

Ví dụ 11.19f: Cũng với dữ kiện Ví dụ 11.19a.

1) Hãy xác định công suất tự bù ngang (shunt) để duy trì điện áp cuối đường dây 500 kV khi điện áp đầu đường dây là 500 kV.

Giải: Ở đây ta chọn thực đơn số 6, khi đó một thực đơn mới xuất hiện như sau:

BU CÔNG SUẤT PHẢN KHANG

Phan tích	Lua chon
-----	-----
Bu ngang (shunt)	1
Bu dọc (nối tiếp)	2
Bu dọc và bu ngang	3
Thoat	0

Ở đây ta lại chọn thực đơn 1 và vào các dữ kiện cần thiết và sau khi ấn enter ta nhận được kết quả:

$$V_S = 500 \text{ kV (L-L) at } 19.3687^\circ$$

$$V_r = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$P_{load} = 680 \text{ MW } Q_{load} = 510 \text{ Mvar}$$

$$\text{Load current} = 981.495 \text{ A at } -36.8699^\circ \text{ PFI} = 0.8 \text{ lagging}$$

$$\text{Required shunt capacitor: } 505.873 \text{ ohm, } 5.24357 \text{ micro F, } 494.195 \text{ Mvar}$$

$$\text{Shunt capacitor current} = 570.647 \text{ A at } 90^\circ$$

$$Pr = 680.000 \text{ MW} \quad Qr = 15.805 \text{ Mvar}$$

$$Ir = 785.408 \text{ A at } -1.33146^\circ \text{ PFr} = 0.99973 \text{ lagging}$$

$$Is = 849.25 \text{ A at } 34.293^\circ \text{ PFs} = 0.966267 \text{ leading}$$

$$Ps = 711.662 \text{ MW} \quad Qs = -189.415 \text{ Mvar}$$

$$PL = 30.662 \text{ MW} \quad QL = -205.220 \text{ Mvar}$$

$$\text{Percent Voltage Regulation} = 11.5809$$

$$\text{Transmission line efficiency} = 95.6854$$

2) Xác định hiệu suất đường dây khi có sự hiện diện của tụ bù dọc với 40%

Trong trường hợp này ta chọn thực đơn 2 của menu bù công suất phản kháng và vào các dữ liệu cần thiết, kết quả nhận được là:

$$Vr = 500 \text{ kV (L-L) at } 0^\circ$$

$$Pr = 680 \text{ MW} \quad Qr = 510 \text{ Mvar}$$

$$\text{Required series capacitor: } 46.9642 \text{ ohm, } 56.481 \text{ micro F, } 34.2193 \text{ Mvar}$$

$$\text{Subsynchronous resonant frequency} = 31.6228 \text{ Hz}$$

$$Ir = 981.495 \text{ A at } -36.8699^\circ \text{ PFr} = 0.8 \text{ lagging}$$

$$Vs = 567.403 \text{ kV (L-L) at } 8.86244^\circ$$

$$Is = 743.271 \text{ A at } -3.61086^\circ \text{ PFs} = 0.976397 \text{ lagging}$$

$$Ps = 713.224 \text{ MW} \quad Qs = 157.769 \text{ Mvar}$$

$$PL = 33.224 \text{ MW} \quad QL = -352.231 \text{ Mvar}$$

$$\text{Percent Voltage Regulation} = 21.011$$

$$\text{Transmission line efficiency} = 95.3417$$

3) Đường dây có 40% bù dọc với phụ tải bài toán a). Hãy xác định công suất tụ bù ngang mắc tại cuối đường dây để duy trì điện áp 500 kV khi điện áp đầu đường dây là 500 kV.

Giải: Ở bài toán này ta chọn thực đơn 3 của menu bù công suất phản kháng và vào các dữ liệu cần thiết, kết quả nhận được là:

$V_s = 500 \text{ kV (L-L) at } 11.7977\theta$

$V_r = 500 \text{ kV (L-L) at } 0\theta$

$P_{load} = 680 \text{ MW } Q_{load} = 510 \text{ Mvar}$

$Load \text{ current} = 981.495 \text{ A at } -36.8699\theta \text{ PFI} = 0.8 \text{ lagging}$

$Required \text{ shunt capacitor: } 494.766 \text{ ohm, } 5.36129 \text{ micro F, } 505.289 \text{ Mvar}$

$Shunt \text{ capacitor current} = 583.458 \text{ A at } 90\theta$

$Required \text{ series capacitor: } 46.9642 \text{ ohm, } 56.481 \text{ micro F, } 31.9358 \text{ Mvar}$

$Subsynchronous \text{ resonant frequency} = 31.6228 \text{ Hz}$

$P_r = 680 \text{ MW } Q_r = 4.71072 \text{ Mvar}$

$I_r = 785.215 \text{ A at } -0.396912\theta \text{ PFr} = 0.999976 \text{ lagging}$

$I_s = 888.397 \text{ A at } 34.2728\theta \text{ PFs} = 0.924046 \text{ leading}$

$P_s = 711.937 \text{ MW } Q_s = -294.117 \text{ Mvar}$

$PL = 30.937 \text{ MW } QL = -298.828 \text{ Mvar}$

$Percent \text{ Voltage Regulation} = 6.63577$

$Transmission \text{ line efficiency} = 95.6484$

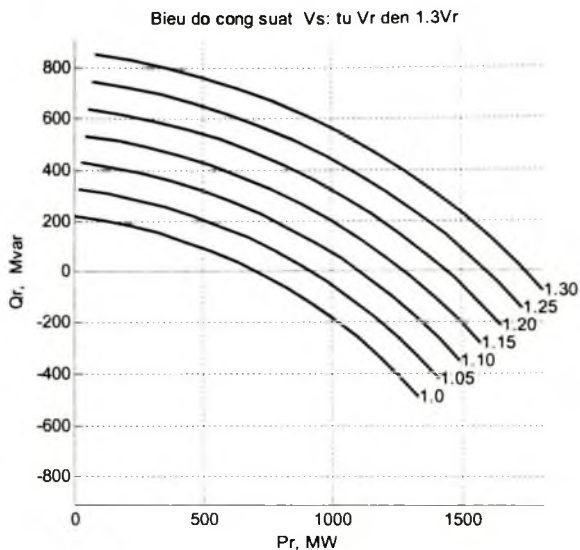
Ví dụ 11.19g: Cũng với dữ kiện Ví dụ 11.19, xác định biểu đồ công suất ở cuối đường dây.

Giải: Ở bài toán này ta chọn thực đơn 7 của **menu** kết quả nhận được biểu đồ hình 11.11.

Ví dụ 11.19h: Xác định biểu đồ điện áp dọc đường dây theo các trường hợp: không tải, tải định mức, đường dây có phụ tải cuối đường dây là SIL (surge impedance loading), tức là tải ứng với đường dây không tổn thất và đường dây ngắn mạch và biểu đồ khả năng mang tải của đường dây.

Đối với bài toán này ta chọn thực đơn 8 của **menu**.

Trên màn hình xuất hiện thực đơn mới với 2 lựa chọn dạng:



Hình 11.11. Biểu đồ công suất của đường dây truyền tải.

Điện áp dọc dd mang tải

Lựa chọn

- Biểu đồ điện áp dọc dd 1
- Đường công khả năng mang tải của dd 2
- Thoát 0

1) Chọn thực đơn --> 1

Kết quả ta nhận được biểu đồ điện áp hình 11.12.

Chọn thực đơn 2 và vào các dữ liệu cần thiết

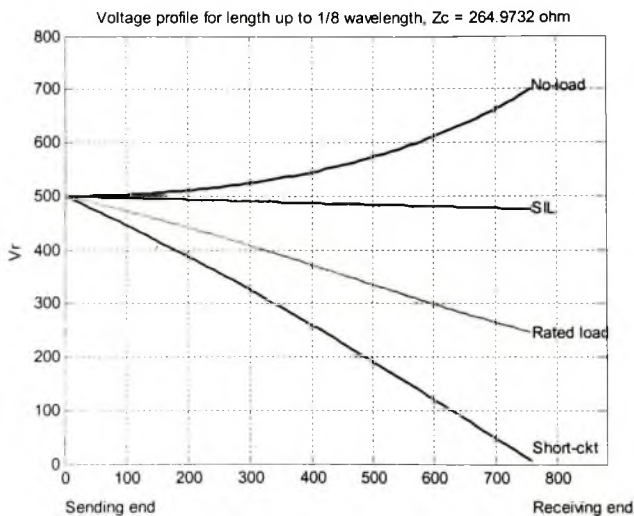
Điện áp đầu đường dây 500;

Điện áp cuối đường dây: 500;

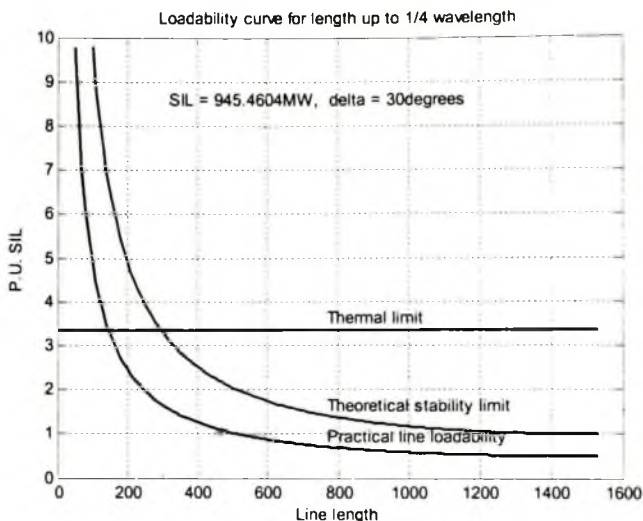
Điện áp danh định: 500

Dòng điện mang tải: 3620 A/pha

Kết quả ta nhận được biểu đồ khả năng mang tải của đường dây hình 11.13.



Hình 11.12. Biểu đồ điện áp dọc đường dây trong các trường hợp không tải, có tải, ngắn mạch.



Hình 11.13. Biểu đồ khả năng mang tải của đường dây.

11.6. Tính toán cơ học đường dây

Tính toán cơ học đường dây là xác định các và đánh giá các đại lượng ứng suất, độ võng và các tham số cơ học khác của đường dây, nhằm đảm bảo an toàn cho đường dây trong quá trình vận hành. Bài toán cơ học đường dây được bắt đầu từ việc xác định tải trọng cơ học:

Tỷ tải của dây nhôm lõi thép (AC) được xác định theo biểu thức:

$$g_1 = 1,025 \cdot \frac{m_a F_a + m_s F_s}{F_a + F_s}, \text{ kG/m.mm}^2 \quad (11.7)$$

Trong đó:

m_a và m_s – tỷ trọng của phần nhôm và phần thép của dây dẫn;

F_a, F_s – tiết diện của phần nhôm và phần thép.

Tỷ tải của gió lên dây dẫn là:

$$g_{vM} = \frac{P_g}{F} = \frac{a \cdot k_a \cdot d \cdot v^2}{16 \cdot F} 10^{-3}, \text{ kG/m.mm}^2 \quad (11.8)$$

P_g – áp lực gió tác dụng lên dây dẫn, kG; a - hệ số không đều của gió;
 k_a - hệ số động lực của không khí; d – đường kính dây dẫn, mm, v –
 tốc độ gió, m/s; F – diện tích tiết diện dây dẫn, mm².

Tỷ tài tổng hợp g bằng:

$$g = \sqrt{g_l^2 + g_{vM}^2}, \text{ kG/m.mm}^2 \quad (11.9)$$

Ứng suất σ được xác định từ phương trình:

$$\sigma - \frac{l^2 \cdot g_l^2}{24\beta\sigma^2} = \sigma_{cp} - \frac{l^2 \cdot g_{vM}^2}{24\beta\sigma_{cp}^2} + \frac{\alpha}{\beta} (\theta_{vM} - \theta) \quad (11.10)$$

Trong đó:

l – khoảng vượt của đường dây, m;

α - hệ số giãn nở theo nhiệt độ của nguyên liệu cấu tạo dây dẫn, 1/độ;

$\beta = \frac{1}{E}$, là hệ số kéo dài đàn hồi, mm²/N.

E - môđun đàn hồi của dây dẫn, N/mm²;

θ_{vM} - nhiệt độ ứng với tốc độ gió cực đại.

Độ võng f ở nhiệt độ tương ứng:

$$f = \frac{g \cdot l}{8\sigma} \quad (11.11)$$

Đặc tính cơ học của đường dây được coi là bình thường, nếu các giá trị của ứng suất σ và độ võng luôn nhỏ hơn các giá trị cho phép ứng với các điều kiện nặng nề nhất là khi nhiệt độ cực tiểu và khi tốc độ gió cực đại.

Ví dụ 11.20. Hãy tính toán cơ học đường dây 10 kV làm bằng dây dẫn AC.70, biết số liệu về khí tượng của khu vực đường dây đi qua như sau: tốc độ gió lớn nhất $v=28\text{m/s}$ ở nhiệt độ $\theta_{vM}=14^\circ\text{C}$; nhiệt độ thấp nhất có thể xuất hiện là $\theta_{\min}=5^\circ\text{C}$; độ võng cực đại $f_M=2\text{m}$.

Giải: Các tham số của đường dây có thể gọi ra bằng lệnh *Dulieucocdd* hoặc lệnh *AC*. Trong trường hợp máy chưa cài dữ liệu này, thì cần phải khai báo đầy đủ phần diện tích tiết diện nhôm và thép theo bảng tra dữ liệu đường dây trong các phụ lục thiết kế. Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

Nếu cần tra số liệu về dây dẫn ta gõ: *AC*, sau khi ấn enter trên màn hình xuất hiện lời nhắc:

Go ma hieu day dan giua cac dau phay tren (')->

Ta gõ tiếp *DAC70* vào giữa các dấu phẩy trên '*DAC70*' và ấn enter thì sẽ nhận được các thông tin sau:

```
d   Fal   Ffe   r0   Icp.ng Icp.tr   m
cm  mm2  mm2  Ohm/km A   A       kg/km
1.14 68.00 11.34 0.46  217 172  275
```

```
>> clear
```

```
ga=2.7; gs=7.85; % So lieu day nhom loi theo (day AC)
```

```
xicm=17; Ea=6300; Es=20000; alpa=23*10^(-6); alps=12*10^(-6); f=2;
```

```
tet1=14; tetmin = 5; v=28; kx=1.2;
```

```
Dulieucocdd;
```

```
F70= [68 11 34]; % Neu da co Dulieucocdd roi thi khong can du lieu nay
```

```
a=interp1(vb,ab,v); % He so a
```

```
epxt=interp1(XiAC,epx,xicm); % He so gian dai tuong doi (epxt)
```

```
for tet2=5:5:40 % Khoi dau vong lap
```

```
E=xicm/epxt; % Mo dun dan hoi
```

```
bet=1/E; % He so keo dai dan hoi
```

```
k=F70(1)/F70(2); % Ty le tiet dien day nhom/thep
```

```
gl=1.025*(ga*F70(1)+gs*F70(2))*10^(-3)/(F70(1)+F70(2)); % Ty tai trong
luong
```

```

g2=0.0625*a*kx*v^2*d70*10^(-3)/(F70(1)+F70(2)); % Ty tai ap luc gio
g=sqrt(g1^2+g2^2); % Ty tai tong hop
alp0=(k*alpa*Ea+alps*Es)/(k*Ea+Es); % He so gian no nhiet
lgh=xicm*sqrt(24*alp0*(tet1-tetmin)/(g^2-g1^2)); % Khoang vuot toi han
l=sqrt(8*xicm*f/g); % Khoang vuot thuc te
B=g^2*l^2/(24*bet*xicm^2)-alp0*(tet1-tet2)/bet-xicm;
C=-g1^2*l^2/(24*bet);
P=[1 B 0 C];
xichma=roots(P) % Ung suat tinh toan
f1=g1*l^2/(xichma*8) % Do vong tinh toan
end

```

Kết quả hiển thị trên màn hình:

```

xichma =
    16.53
   -0.29
   -0.29

f1 =
    0.96         0         0

xichma =
    15.77
   -0.32
   -0.32

f1 =
    1.01         0         0

xichma =

```

15.02

-0.35

-0.35

$f1 =$

1.06 0 0

$xichma =$

14.28

-0.39

-0.39

$f1 =$

1.11 0 0

$xichma =$

13.55

-0.43

-0.43

$f1 =$

1.17 0 0

$xichma =$

12.84

-0.48

-0.48

$f1 =$

1.24 0 0

$xichma =$

12.13

-0.54

-0.54

$f_l =$

1.31 0 0

$xichma =$

11.45

-0.60

-0.60

$f_l =$

1.39 0 0

Tổng hợp kết quả dưới dạng bảng sau:

$\theta, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35	40
$\sigma, \text{kG/mm}^2$	16.53	15.77	15.02	14.28	13.55	12.84	12.10	11.45
f, m	0.96	1.01	1.06	1.11	1.17	1.24	1.31	1.39

Ví dụ 11.21 Hãy xây dựng đường cong lắp dựng $\sigma = f_1(\theta)$ và $f = f_2(\theta)$ của đường dây 10 kV với các dữ liệu như ví dụ 11.20.

Giải: Trước hết bài toán được giải với các lệnh tương tự như bài 11.20. Sau khi nhận được kết quả, ta bổ sung các lệnh vẽ biểu đồ. Để có các đường cong hài hòa, các trục đồ thị phải có độ lớn tương đương nhau, muốn vậy ta cần chuyển đổi đơn vị của độ võng ra dm. Các lệnh vẽ đồ thị được thể hiện như sau:

```
>> clear
```

```
tet=[5 10 15 20 25 30 35 40];
```

```
xichma=[16.53 15.77 15.02 14.28 13.55 12.84 12.10 11.45];
```

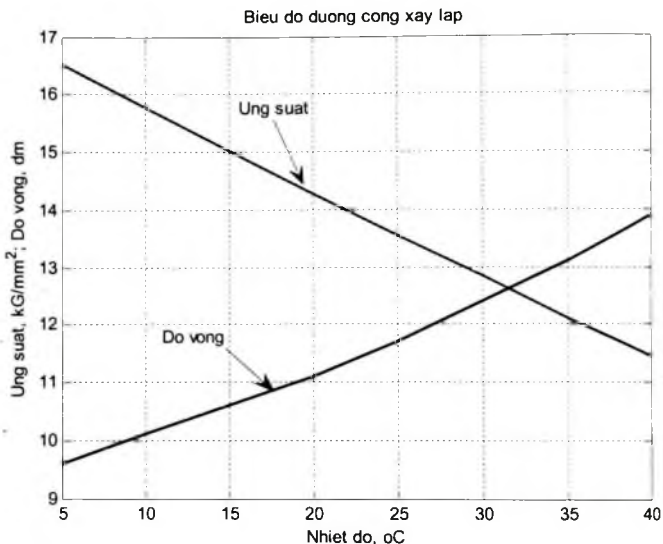
```
f=[9.6 11.1 11.6 11.1 11.7 12.4 13.1 13.9]; % Đổi ra cm
```

```
plot(tet,xichma, tet,f),grid
```

```
xlabel('Nhiệt độ, °C'); ylabel('Ứng suất, kG/mm^2; Độ võng, dm')
```

title('Biểu đồ đường cong xây lắp')

Kết quả ta nhận được biểu đồ đường cong xây lắp trên hình 11.14.



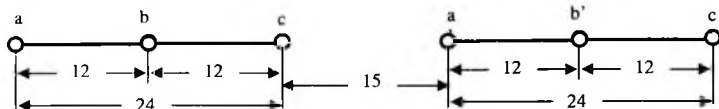
Hình 11.14. Biểu đồ đường cong xây lắp đường dây trên không ví dụ 11.21

11.7. Bài tập

Bài tập 11.1: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 110 kV có dây dẫn là ACO-240, chiều dài $l = 96,5$ km, khoảng cách giữa các pha là 5,6 m, điện dẫn suất $\gamma = 31,5$ $1/(\Omega \cdot m)$, các hệ số $m_0 = 0,88$; $m_1 = 0,8$ và $\delta = 0,95$. Đường kính trung bình của dây ACO.240 là $d = 2,16$ cm.

Bài tập 11.2: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 10 kV có dây dẫn là AC-95, chiều dài $l = 14,5$ km, khoảng cách giữa các pha là 1,4m. Đường kính trung bình của dây AC.95 là $d = 1,35$ cm.

Bài tập 11.3: Xác định các tham số GMD (khoảng cách trung bình hình học), GMRL (bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện cảm) và GMRC (bán kính đẳng trị trung bình hình học để tính điện dung) của đường dây truyền tải hai mạch được bố trí dây dẫn theo chiều dọc theo các kích thước thể hiện trên hình 11.15, dây dẫn có đường kính là 2,67 cm được phân pha với 4 sợi ở mỗi pha, bán kính trung bình hình học $GMR = 1,08$ cm, khoảng cách trung bình giữa các sợi là 35cm.



Hình 11.15. Sơ đồ bố trí dây dẫn của đường dây truyền tải bài tập 11.3.

Bài tập 11.4: Xác định các tham số điện cảm và điện dung của đường dây truyền tải hai mạch bố trí theo chiều ngang với các dữ kiện như bài tập 11.3.

Bài tập 11.5. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp phân phối hai cuộn dây loại TM-630/22 với công suất là 0,63 MVA và điện áp định mức là 22/0,4 kV với các thông số: $\Delta P_0 = 1,2$ kW; $\Delta P_k = 8,2$ kW; $U_k = 4\%$ và $I_0 = 5,5\%$.

Bài tập 11.6. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp hai cuộn dây loại TĐΓ-125000/220 với công suất định mức $S_{ba} = 125$ MVA, điện áp định mức 230/38,5 kV; $\Delta P_0 = 115$ kW, $\Delta P_k = 380$ kW, $U_k = 11\%$; $I_0 = 0,5\%$.

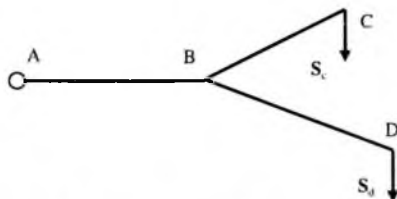
Bài tập 11.7: Hãy xác định các tham số hệ thống máy biến áp ba cuộn dây ATĐƯTH-25000/220, công suất định mức $S = 25$ MVA, điện áp định mức 230/115/38,5 kV, với các tham số: $\Delta P_0 = 41$ kW; $\Delta P_{CT} = 130$; 210kW; $\Delta P_{CH} = 110$ kW; $\Delta P_{TH} = 110$ kW; $U_{kCT} = 12,5\%$; $U_{kCH} = 20\%$; $U_{kTH} = 6,5\%$; $I_0 = 1,2\%$

Bài tập 11.8: Hãy xác định các tham số hệ thống máy biến áp ba cuộn dây TĐTH-60000/115/38,5 công suất định mức 60 MVA, với các tham số: $U_n = 230/38,5/13,5$ kV; $\Delta P_0 = 190$ kW; $\Delta P_k = 355$ kW; $U_{kCT} = 17,5\%$; $U_{kCH} = 10,5\%$; $U_{kTH} = 7\%$; $I_0 = 3\%$

Bài tập 11.9. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV làm bằng dây dẫn AC-150 dài 16,4 km, công suất truyền tải trên đường dây là $S=558,6$ kVA; hệ số công suất $\cos\varphi=0,82$.

Bài tập 11.10. Hãy xác định hao tổn điện áp cực đại trên đường dây phân nhánh 22kV (hình 11.16) với số liệu như sau: Phụ tải tại điểm C là $S_C = 687$ kVA và tại điểm D là $S_D = 718$ hệ số $\cos\varphi = 0,82$. Các tham số khác cho trong bảng sau :

Đoạn dây	AB	BC	BD
Dây dẫn AC	120	70	50
Chiều dài, km	21	18,5	22

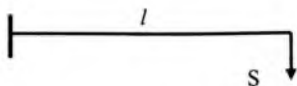


Hình 11.16. Sơ đồ mạng điện bài tập 11.10.

Bài tập 11.11. Hãy xác định hao tổn điện lớn nhất trong mạng điện chiếu sáng ba pha điện áp pha là 220V, chiều dài 520m có phụ tải không đối xứng mắc theo hình sao, biết dòng điện chạy trên các pha là $I_A = 37,7A$, $I_B = 32,4A$ và $I_C = 21,6A$ dây pha được làm bằng dây A50 và dây trung tính là A35.

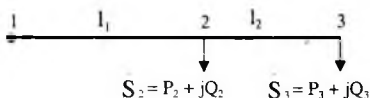
Bài tập 11.12. Hãy xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp TM-800/22, có các tham số $S_b=800$ kVA, $\Delta P_k=10,5$ kW và $U_k=5,5\%$, biết công suất truyền tải trên đường dây là $S=786,63$ kVA; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,80$.

Bài tập 11.13: Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 35 kV làm bằng dây dẫn AC-70 dài 47,5 km, cung cấp cho một nhà máy có phụ tải tính toán là $S = 2270$ kVA, (hình 11.17), hệ số công suất $\cos\varphi=0,8$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=5720$ h.



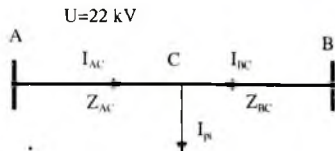
Hình 11.17. Sơ đồ mạng điện bài tập 11.13.

Bài tập 11.14. Hãy tính chế độ xác lập của một đường dây kép 110kV gồm 2 phụ tải (hình 11.18) đoạn đầu dài 105 km làm bằng dây 2xACO.300, đoạn thứ 2 dài 82,6 km làm bằng dây 2xACO.150. Phụ tải $S_2 = 63,4 + j32,3$ MVA, $S_3 = 27 + j14,9$ MVA. Điện áp tại nguồn cung cấp là 115 kV.



Hình 11.18. Sơ đồ đường dây bài tập 11.14.

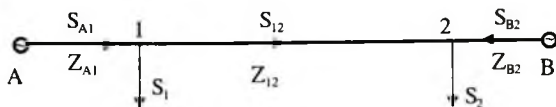
Bài tập 11.15.b. Một xí nghiệp công nghiệp được cấp điện từ mạng điện 10 kV có hai nguồn (hình 11.9), phụ tải $S_{pt} = 283,45$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,82$. Đường dây từ nguồn A đến xí nghiệp dài 13,5 km là đường dây trên không với dây dẫn là AC-50, còn từ nguồn B đến là đường dây AC-35 dài 9,13 km. Hãy lập trình trên MATLAB xác định dòng công suất chạy trên các tuyến dây và hao tổn điện áp cực đại trong mạng.



Hình 11.19. Sơ đồ mạng điện bài tập 11.15.

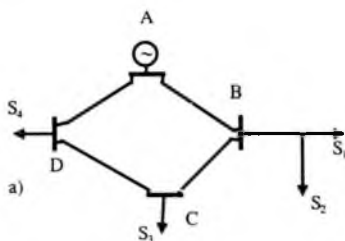
Bài tập 11.16. Một mạng điện 35 kV có hai nguồn cung cấp (hình 11.20), điện áp trên thanh cái của nguồn A có giá trị 37 kV, còn trên thanh cái nguồn B là 36,5 kV. Phụ tải $S_{pt1} = 3240$ kVA và $S_{pt2} = 2617$ kVA, hệ số $\cos\varphi = 0,83$, chiều dài và mã hiệu dây dẫn cho trong bảng dưới. Hãy xác định điểm phân dòng trong mạng điện.

Đoạn dây	A-1	1-2	B-2
$l, \text{ km}$	26,2	18,45	14,8
Mã hiệu dây AC-	150	95	120



Hình 11.20. Sơ đồ mạng điện bài tập 11.16.

Bài tập 11.17. Mạng điện 220 kV có cấu trúc mạch vòng (hình 11.21) với dây dẫn được làm bằng loại ACO.300. Chiều dài các đoạn dây và công suất của các điểm tải được cho trong bảng bt11.17sau:



Hình 11.21. Sơ đồ mạng điện kín bài tập 11.17.

Bảng bt11.17

	A ₁ -B	B-C	C-D	A ₂ -D
$l, \text{ km}$	117	86	79	104
Điểm tải	1	2	3	4
$S, \text{ MVA}$	34,2	19,3	37,8	46
$\cos\varphi$	0,84	0,84	0,85	0,84

Hãy xác định dòng công suất trên các đoạn dây, điểm phân dòng và hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện.

Bài tập 11.18. Đường dây 500 kV dài 612 km có điện trở dây dẫn là $z=0.052+j*0.41 \Omega/\text{km}$ và điện dẫn $y=j*0.392*10^{-6}$ siemens/km. Hãy xác định mô hình pi tương đương và ma trận truyền tải.

Bài tập 11.19. Đường dây 500 kV dài 524 km hai mạch với các tham số cho trước là: $r_0=0,045\Omega/\text{km}$; $g_0=0$ siemen/km; $L=0,82\text{mH}/\text{km}$, $C=0,0132\mu\text{F}/\text{km}$. Hãy:

a) Xác định các tham số mô hình đường dây;

b) Xác định các tham số đầu vào khi biết phụ tải cuối dfd là $P_2= 453 \text{ MW}$, $Q_2=312 \text{ MVar}$.

Bài tập 11.20. Hãy tính toán cơ học đường dây 22 kV làm bằng dây dẫn AC.95, biết số liệu về khí tượng của khu vực đường dây đi qua như sau: tốc độ gió lớn nhất $v=32\text{m/s}$ ở nhiệt độ $\theta_{v,M}=15^\circ\text{C}$; nhiệt độ thấp nhất có thể xuất hiện là $\theta_{\text{min}}=5^\circ\text{C}$; độ võng cực đại $f_M=2,3\text{m}$.

Bài tập 11.21 Hãy xây dựng đường cong lắp dựng $\sigma = f_1(\theta)$ và $f = f_2(\theta)$ của đường dây 10 kV với các dữ liệu như ví dụ 11.20.

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 11:

DdU0.4, DdU10, DdU22, DdU35, DdU110, DdU220 và DdU500 cho phép tra các dữ liệu về đường dây ứng với cấp điện áp xác định;

AC cho phép tra các tham số về kích thước của các dây dẫn;

acsr, cho phép hiển thị mã dây dẫn và các tham số của dây ACSR;

BA10; BA22, BA35, BA110, BA220 và BA500 cho phép tra các tham số của máy biến áp ở các cấp điện áp xác định;

tsoddt cho phép xác định các tham số của đường dây truyền tải;

tsoddp cho phép xác định các tham số của đường dây phân phối;

gmd cho phép xác định khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn;

tsombapp2cd cho phép xác định tham số của mba pp hai cuộn dây;

tsomba3cd cho phép xác định các tham số của mba ba cuộn dây;

cdxaclap110 cho phép tính toán chế độ xác lập của md 110kV;

mdkin cho phép tính toán mạng điện kín;

zy2abcd và rlc2abcd cho phép xác định các hệ số mô hình đường dây;

lineperf cho phép xác định các tham số và hiệu suất truyền tải của đường dây siêu cao áp;

Dulieuhocdd cho phép tra các tham số cơ học của đường dây.

Giải tích mạng điện

12.1. Phân loại các nút trong hệ thống điện

Để giải tích chế độ xác lập của mạng điện ta cần giả thiết là phụ tải không đổi trong quá trình tính toán đồng thời giả thiết là điện áp máy phát được điều chỉnh tròn và coi như không đổi. Để dễ dàng cho quá trình tính toán, tất cả các nút của hệ thống được phân thành các loại sau.

12.1.1. Nút cân bằng

Trong mỗi mạng điện người ta chọn một nút làm nút cân bằng (swing hay slack bus) hay còn gọi là nút tham chiếu, đó là nút có biên độ và góc pha của điện áp đã xác định. Nút này tạo ra sự khác biệt giữa phụ tải và công suất phát do có sự tổn thất trong mạng điện. Thường thì nút cân bằng được chọn là nút có công suất phát rất lớn. Nút cân bằng có mã (code) là 1.

12.1.2. Nút tải

Nút tải (load bus) là nút không có máy phát, mà chỉ có phụ tải, tức là các công suất phát P_G và Q_G bằng zero. Ở các nút tải công suất tác dụng và công suất phản kháng được xác định, ở các nút này biên độ và góc pha của điện áp chưa được biết. Nút tải còn được gọi là nút P-Q. Trong chương trình tính toán nút tải có mã là 0. Tải được thể hiện trong đơn vị MW và MVar, đối với các nút này giá trị ban đầu của điện áp cần được ấn định trước (thường là 1 đối với độ lớn và 0 đối với góc pha). Nếu các giá trị về độ lớn và góc pha điện áp đã biết, thì lấy đó làm giá trị xuất phát thay cho 1 và 0.

12.1.3. Nút điều chỉnh

Nút điều chỉnh (regulated bus) là nút có máy phát, công suất phát tại các nút này được điều khiển qua động cơ sơ cấp, trong khi điện áp được điều khiển bởi hệ thống kích từ của máy phát, như vậy có thể duy trì được giá trị không đổi của công suất phát P_G và điện áp $|U_i|$ tại nút này. Chính vì vậy mà các nút này còn có tên là nút P-V. Ở các nút này công suất tác dụng và giá trị điện áp đã biết còn góc pha điện áp và công suất phản kháng sẽ được xác định. Các giới hạn về giá trị của công suất phản kháng MVar phải được cho trước. Cần lưu ý rằng công suất phản kháng cung cấp bởi các máy phát Q_G phụ thuộc vào cấu hình của hệ thống và không thể xác định trước được, bởi vậy ta cần phải xác định góc pha δ chưa biết của điện áp nút. Nút điều chỉnh có mã là 2.

Các đặc tính của các nút được tổng kết trong bảng sau:

Mã nút	Nút	Loại	Dữ liệu xác định
1	Cân bằng	Tham chiếu	$ U $, góc θ
0	Tải	P-Q	P, Q
2	Điều chỉnh	P-V	P, U

12.2. Biểu thị các tham số hệ thống của các phần tử trong hệ đơn vị tương đối

Phần lớn các chương trình MATLAB được xây dựng để tính toán, giải tích mạng điện trong hệ đơn vị tương đối, trong khi đó có rất nhiều bài toán được lấy từ số liệu của mạng điện thực tế, bởi vậy để có thể áp dụng thuận tiện các chương trình MATLAB, trước hết ta cần phải chuyển đổi các đại lượng sang hệ đơn vị tương đối, ứng với chế độ cơ bản.

Việc xác định các tham số của các phần tử (R, X và B/2) trong hệ đơn vị tương đối, ứng với chế độ cơ bản được thực hiện theo các biểu thức:

TT	Các phần tử	Giá trị điện trở trong hệ đơn vị tương đối
1	Hệ thống	$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_k}$
2	Máy phát	$X_{mp*} = x_d'' \frac{S_{cb}}{S_{mp}}$
3	Máy biến áp	$R_{B*} = \frac{\Delta P_k S_{cb}}{S_{BA}^2};$ $Z_{B*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA}};$ $X_{B*} = \sqrt{Z_{B*}^2 - R_{B*}^2}$
4	Đường dây	$R_{dd*} = r_0 l \frac{S_{cb}}{U_d^2}$ $X_{dd*} = x_0 l \frac{S_{cb}}{U_d^2}$

Trong các công thức trên:

S_k - công suất ngắn mạch của hệ thống (nếu không biết trước S_k thì có thể coi $S_k = S_{cát}$ của máy cắt tổng của mạng điện cần tính toán ngắn mạch), MVA;

S_{cb} - công suất cơ bản, MVA;

U_d - điện áp định mức của đường dây, kV;

S_{mp} - công suất định mức của máy phát, MVA;

S_{BA} - công suất định mức của máy biến áp, MVA;

x_d'' - điện trở siêu quá độ dọc trục máy phát;

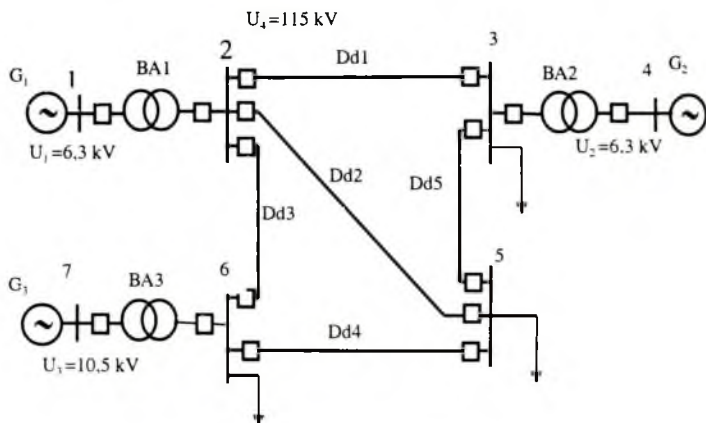
U_k - điện áp ngắn mạch của máy biến áp, %;

r_0, x_0 - suất điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây, Ω /km;

l - chiều dài đường dây, km;

Chương trình MATLAB *isoptuHTD*(Ucb,Mp,MBA,Dd) được xây dựng để chuyển đổi các tham số sang hệ đơn vị tương đối. Trong đó Mp, MBA và Dd tương ứng là các ma trận dữ liệu của máy phát, máy biến áp và đường dây:

- Ma trận dữ liệu của máy phát gồm 5 cột: cột thứ nhất là số lượng máy phát, cột thứ hai là công suất tác dụng, MW, cột thứ 3 là điện áp định mức U_n , kV, cột thứ 4 là suất điện động E, pu và cột thứ 5 là điện trở quá độ hoặc siêu quá độ của máy phát x'_d , pu (trong hệ đơn vị tương đối ứng với chế độ định mức).
- Ma trận dữ liệu của máy biến áp gồm 5 cột: cột thứ nhất là số lượng máy biến áp, cột thứ hai là công suất định mức, MVA, cột thứ 3 là điện áp định mức sơ cấp U_{n1} , kV, cột thứ 4 là điện áp định mức thứ cấp U_{n2} , kV và cột thứ 5 là điện áp ngắn mạch, U_k %.
- Ma trận dữ liệu của máy biến áp gồm 5 cột: cột thứ nhất là chiều dài đường dây, km, cột thứ hai là điện áp định mức, kV, cột thứ 3 là suất điện trở tác dụng r_0 , Ω/km , cột thứ 4 là suất điện trở phản kháng x_0 , Ω/km , cột thứ 5 là suất điện dung dẫn b_0 , sim/km.



Hình 12.1. Sơ đồ hệ thống điện ví dụ 12.1.

Ví dụ 12.1: Cho mạng điện truyền tải (hình 12.2) dữ kiện về các phần tử mạng điện cho trong bảng bt12.1. Hãy áp dụng các chương trình MATLAB để xác định các tham số của các phần tử trong hệ đơn vị tương đối.

Bảng bt12.1. Các dữ kiện của các phần tử mạng điện

NMĐ1	$S_{mp}=1 \times 300 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E=1,05$		$x''_d=0,20$
NMĐ2	$S_{mp}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E=1,05$		$x''_d=0,15$
NMĐ3	$S_{mp}=1 \times 400 \text{ MVA}$	$U_n=10,5 \text{ kV}$	$E=1,1$		$x''_d=0,25$
TBA1	$S_{BA}=1 \times 200 \text{ MVA}$	6,3/115kV			$U_k=10,5\%$
TBA2	$S_{BA}=1 \times 125 \text{ MVA}$	6,3/115kV			$U_k=10,5\%$
TBA3	$S_{BA}=1 \times 200 \text{ MVA}$	10,5/115kV			$U_k=10,5\%$
ĐD 1	$l_1 = 78 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,1$	$b_0 = 2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 2	$L_2 = 135 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,41 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,080$	$b_0 = 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 3	$L_2 = 120 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,085$	$b_0 = 2,82 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 4	$l_4 = 82 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,1$	$b_0 = 2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 5	$L_5 = 117 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,1$	$b_0 = 2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$

Giải: Trước hết ta thiết lập các ma trận dữ liệu của các phần tử

% a. Máy phát

% n Sn Un E xd

Mp=[1 300 6.3 1.05 0.20

1 200 6.3 1.05 0.15;

1 400 10.5 1.1 0.25];

% b. Máy biến áp

% n Sn Un1 Un2 Uk

```

MBA=[1 200 6.3 115 10.5;
      1 125 6.3 115 10.5;
      1 200 10.5 115 10.5];

% c. Duong day
% L U r x b
Dd=[78 115 0.10 0.40 2.8*10^-6;
    135 115 0.08 0.40 2.84*10^-6;
    120 115 0.085 0.41 2.82*10^-6;
    82 115 0.10 0.40 2.8*10^-6
    117 115 0.10 0.40 2.8*10^-6];

```

Ucb=115;

tsoptuHTD(Ucb,Mp,MBA,Dd);

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Tham so may phat va MBA:

Xmp Xmba

0.0667 0.0525

0.0750 0.0840

0.0625 0.0525

Tham so duong day:

Rdd(pu) Xdd Bdd

0.0590 0.2359 0.0144

0.0817 0.4083 0.0254

0.0771 0.3720 0.0224

0.0620 0.2480 0.0152

0.0885 0.3539 0.0217

12.3. Chương trình giải tích mạng điện truyền tải

Các chương trình giải tích mạng điện phân bố dòng công suất được soạn thảo ứng với các phương pháp giải bài toán phân tích hệ thống thực tế. Mỗi phương pháp giải gồm bốn chương trình. Chương trình áp dụng phương pháp Gauss-Seidel là *lfgauss* và đối với phương pháp Newton-Raphson là *lfnewton*, mà trước đó là chương trình *lfybus* và tiếp theo là chương trình *busout* và *lineflow*. Các chương trình *lfybus*, *busout* và *lineflow* được soạn thảo để hỗ trợ cho chương trình phân bố dòng công suất.

12.3.1. Chương trình dữ liệu

Để thực hiện các chương trình tính toán trên MATLAB yêu cầu phải có các mảng dữ liệu về nút (*busdata*) và mảng dữ liệu về đường dây (*linedata*). Các mảng dữ liệu được thiết lập theo một nguyên tắc nhất định. Mảng dữ liệu nút *busdata* gồm có 11 cột, bố trí theo trình tự như bảng sau:

Nút	Mã nút	U, pu	δ , độ	Tải		Máy phát				$Q_{bù}$, MVar
				P_D , MW	Q_D , MVar	P_G , MW	Q_G , MVar	Q_{min} , MVar	Q_{max} , MVar	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Trong đó cột thứ nhất là thứ tự các nút từ 1 đến n, cột thứ hai là mã nút (biểu thị nút cân bằng, nút điều chỉnh hay nút tải), cột thứ 3 là giá trị điện áp (tính trong hệ đơn vị tương đối), cột thứ 4 là góc pha điện áp (tính theo độ), cột thứ 5 là công suất tác dụng của phụ tải (tính bằng MW), cột thứ 6 là công suất phản kháng của phụ tải (tính bằng MVar), cột thứ 7 là công suất tác dụng của máy phát (MW), cột thứ 8 là công suất phản kháng của máy phát (MVar), cột thứ 9 là giới hạn dưới của công suất phản kháng máy phát (MVar), cột thứ 10 là giới hạn trên của công suất phản kháng máy phát (MVar) và cột 11 là công suất của các thiết bị bù tại nút tương ứng (MVar).

Mảng dữ liệu đường dây *linedata* gồm có 6 cột, bố trí theo trình tự như bảng sau:

Nút đầu	Nút cuối	R, pu	X, pu	B/2, pu	Nấc MBA
1	2				

Cột 1 và cột 2 là tên nút đầu và nút cuối của đoạn dây, hai cột tiếp theo là diện tích và điện kháng trong hệ đơn vị tương đối của đoạn dây, cột thứ 5 là một phần hai điện dẫn nạp (B/2) của đường dây và cột cuối cùng dùng cho nấc máy biến áp, nếu chỉ đơn thuần là đường dây thì gõ số 1.

Như vậy đối với các mạng điện thực tế, để có thể áp dụng các chương trình, trước hết ta cần biểu thị các tham số hệ thống của các phần tử trong hệ đơn vị tương đối ứng với chế độ cơ bản. Thông thường công suất cơ bản được chọn là 100 MVA.

12.3.2. Chương trình *lfybus*

Chương trình *lfybus* cho phép chuyển đổi điện trở thành điện dẫn và kết quả nhận được là ma trận điện dẫn. Trong quá trình thực hiện *lfybus* đòi hỏi các tham số của đường dây và máy biến áp mà đã được xác định ở tệp dữ liệu vào *linedata*. Tức là chương trình *lfybus* chỉ có thể được thực hiện sau khi đã có chương trình *linedata*. Chương trình này được thiết kế cho các đường dây song song. Nội dung của chương trình này được thể hiện như sau:

```
>> clear
j=sqrt(-1); i = sqrt(-1);
nl = linedata(:,1);
nr = linedata(:,2);
R = linedata(:,3);
X = linedata(:,4);
Bc = j*linedata(:,5);
a = linedata(:, 6);
nbr=length(linedata(:,1));
nbus = max(max(nl), max(nr));
Z = R + j*X; y= ones(nbr,1)./Z; % Diện tích nhanh
for n = 1:nbr
```



```

if a(n) <= 0 a(n) = 1; else end
Ybus=zeros(nbus,nbus); % Khởi đầu Ybus từ zero

% Thiết lập các phần tử ngoại đường chéo
for k=1:nbr;
    Ybus(nl(k),nr(k))=Ybus(nl(k),nr(k))-y(k)/a(k);
    Ybus(nr(k),nl(k))=Ybus(nl(k),nr(k));
end
end

% Thiết lập các phần tử đường chéo
for n=1:nbus
    for k=1:nbr
        if nl(k)==n
            Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k)/(a(k)^2) + Bc(k);
        elseif nr(k)==n
            Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k) +Bc(k);
        else, end
    end
end
clear Pgg

```

12.3.3. Chương trình *lfgauss* và *lfnewton*

Chương trình *lfgauss* cho phép nhận được lời giải phân bố dòng công suất theo phương pháp Gauss-Seidel còn chương trình *lfnewton* – theo phương pháp Newton-Raphson, chương trình đòi hỏi phải có các tệp dữ liệu về các nút và đường dây *busdata* và *linedata*. Công suất phụ tải và máy phát được cho dưới dạng MW và MVar, nhưng chương trình sẽ chuyển đổi sang hệ đơn vị tương đối cơ bản được lựa chọn. Chương trình được thiết kế để đảm bảo duy trì công suất phản

kháng của máy phát ở các nút điều chỉnh nằm trong các giới hạn xác định. Sự vi phạm giới hạn công suất phản kháng có thể xảy ra khi điện áp xác định quá cao hoặc quá thấp. Nếu giới hạn đã đạt thì giá trị điện áp sẽ được bổ sung thêm một nấc 0,5 cho đến $\pm 5\%$ để duy trì công suất phản kháng trong giới hạn xác định.

Chương trình MATLAB *Ifgauss* được soạn thảo như sau [9]:

```
>> clear

% Hadi Saadat, 1998

Um=0; delta=0; yload=0; deltad =0;

nbus = length(busdata(:,1));

for k=1:nbus
    n=busdata(k,1);
    kb(n)=busdata(k,2); Um(n)=busdata(k,3); delta(n)=busdata(k, 4);
    Pd(n)=busdata(k,5); Qd(n)=busdata(k,6); Pg(n)=busdata(k,7); Qg(n) =
busdata(k,8);
    Qmin(n)=busdata(k, 9); Qmax(n)=busdata(k, 10);
    Qsh(n)=busdata(k, 11);
    if Um(n) <= 0 Um(n) = 1.0; U(n)=1+j*0;
    else delta(n) = pi/180*delta(n);
        U(n) = Um(n)*(cos(delta(n)) + j*sin(delta(n)));
        P(n)=(Pg(n)-Pd(n))/basemva;
        Q(n)=(Qg(n)-Qd(n)+ Qsh(n))/basemva;
        S(n) = P(n) + j*Q(n);
    end
    DU(n)=0;
end

num = 0; AcurBus = 0; converge = 1;

Uc = zeros(nbus,1)+j*zeros(nbus,1);
```

```

Sc = zeros(nbus,1)+j*zeros(nbus,1);
while exist('acl')~=1
    acl = 1.3;
end
while exist('accuracy')~=1
    accuracy = 0.001;
end
while exist('basemva')~=1
    basemva= 100;
end
while exist('maxiter')~=1
    maxiter = 100;
end
iter=0;
maxerror=10;
while maxerror >= accuracy & iter <= maxiter
    iter=iter+1;
    for n = 1:nbus;
        YV = 0+j*0;
        for L = 1:nbr;
            if nl(L) == n, k=nr(L);
                YV = YV + Ybus(n,k)*U(k);
            elseif nr(L) == n, k=nl(L);
                YV = YV + Ybus(n,k)*U(k);
            end
        end
    end
end

```

```

Sc = conj(U(n))*(Ybus(n,n)*U(n)+YV) ;
Sc = conj(Sc);
DP(n) = P(n) - real(Sc);
DQ(n) = Q(n) - imag(Sc);
if kb(n) == 1
S(n)=Sc; P(n) = real(Sc); Q(n) = imag(Sc);
DP(n)=0; DQ(n)=0; Uc(n) = U(n);
elseif kb(n) == 2
Q(n) = imag(Sc); S(n) = P(n) + j*Q(n);
if Qmax(n) ~= 0
Qgc = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
if abs(DQ(n)) <= 0.005 & iter >= 10
if DU(n) <= 0.045
if Qgc < Qmin(n),
Um(n) = Um(n) + 0.005;
DU(n) = DU(n)+.005;
elseif Qgc > Qmax(n),
Um(n) = Um(n) - 0.005;    DU(n)=DU(n)+.005; end
else, end
else,end
else,end
end
if kb(n)~=Uc(n)=(conj(S(n))/conj(U(n))-YV )/ Ybus(n,n);
else, end
if kb(n) == 0
U(n) = U(n) + acl*(Uc(n)-U(n));

```

```

elseif kb(n) == 2
    UcI = imag(Uc(n));
    UcR = sqrt(Um(n)^2 - UcI^2);
    Uc(n) = UcR + j*UcI;
    U(n) = U(n) + acI*(Uc(n) - U(n));
end
end
maxerror=max(max(abs(real(DP)),max(abs(imag(DQ)))));
if iter == maxiter & maxerror > accuracy
    fprintf('\nWARNING: Bai toan không hoi tu ')
    fprintf('%g', iter), fprintf(' Buoc tinh.\n\n')
    fprintf('An Enter de ket thuc va in ket qua \n')
    converge = 0; pause, else, end
end
if converge ~= 1
    tech= ('BAI TOAN KHONG HOI TU'); else,
    tech=('Giai tich mang dien bang pp Gauss-Seidel');
end
k=0;
for n = 1:nbus
    Um(n) = abs(U(n)); deltad(n) = angle(U(n))*180/pi;
    if kb(n) == 1
        S{n}=P(n)+j*Q(n);
        Pg(n) = P(n)*basemva + Pd(n);
        Qg(n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
    end
end

```

```

k=k+1;
Pgg(k)=Pg(n);
elseif kb(n)==2
k=k+1;
Pgg(k)=Pg(n);
S(n)=P(n)+j*Q(n);
Qg(n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
end
pload(n) = (Pd(n)- j*Qd(n)+j*Qsh(n))/(basemva*Um(n)^2);
end
Pgt = sum(Pg); Qgt = sum(Qg);
Pdt = sum(Pd); Qdt = sum(Qd); Qsht = sum(Qsh);
busdata(:,3)=Um'; busdata(:,4)=deltad';
clear AcurBus DP DQ DV L Sc Uc UcI UcR YV converge delta

```

12.3.4. Chương trình blossom

Chương trình “**bloss**” cho phép xác định các hệ số tổn thất B_{ij} và tổn thất trong hệ thống điện trên cơ sở phương pháp Kuhn:

$$P_L = BP^2 + B_0P + B_{00};$$

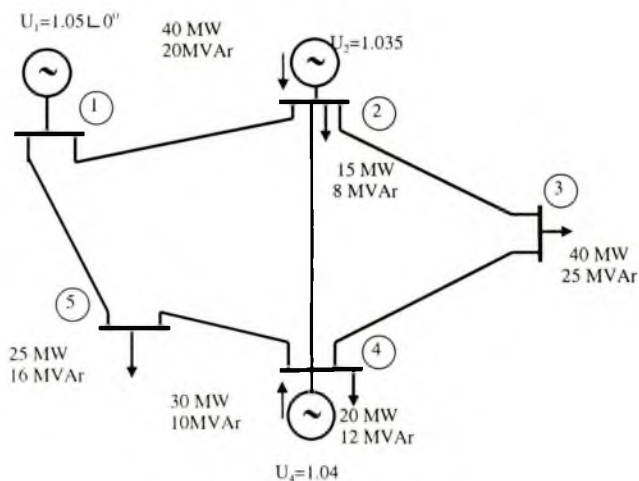
Chương trình này được giải sau chương trình *lfgauss*, hoặc *lfnewton*. Kết quả hiển thị sau khi chạy chương trình là các hệ số tổn thất B_{ij} và tổng tổn thất trong hệ thống tính trong hệ đơn vị có tên (MW).

12.3.5. Chương trình busout

Chương trình **busout** cho phép nhận được kết quả các nút đầu ra dưới dạng bảng. Các kết quả nút đầu ra bao gồm giá trị và góc pha điện áp, công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải và máy phát và giá trị công suất tụ bù.

12.3.6. Chương trình lineflow

Lineflow là chương trình được thiết kế để hiển thị kết quả tính toán giải tích mạng điện dưới dạng bảng. Kết quả thể hiện trong bảng bao gồm dòng công suất tác dụng và phản kháng, tổn thất công suất tác dụng và phản kháng trên các đoạn dây, tính trong hệ đơn vị có tên, tương ứng là MW và MVar.



Hình 12.2. Sơ đồ mạng điện ví dụ 12.2.

Ví dụ 12.2: Cho sơ đồ hệ thống điện 220 kV như hình 12.2, các tham số của các phần tử cho trên sơ đồ, trong đó các tham số điện áp, cho trong hệ đơn vị tương đối (pu), công suất tác dụng và phản kháng cho trong hệ đơn vị có tên: MW và MVar. Các đường dây kép mã hiệu và chiều dài cho trong bảng bt 12.2a. Nút 1 được coi là nút cân bằng có $U_1 = 1.05 \angle 0^\circ$, các nút 2 và 4 là nút điều chỉnh, còn nút 3 và 5 là nút tải. Giới hạn trên và giới hạn dưới của công suất phản kháng của các máy phát tương ứng là 50 và 10 MVar. Hãy xác định dòng công suất trên các

đoạn dây, giá trị điện áp tại các nút và tổng tổn thất trong mạng bằng phương pháp sử dụng chương trình MATLAB.

Bảng bt 12.2a

Đoạn dây	Mã hiệu dây ACY	L, km	U, kV	r_0, Ω	x_0, Ω	$b_0, 10^{-6} \text{ sim}$
1-2	300	150	220	0,10	0,424	2,68
1-5	300	130	220	0,10	0,424	2,68
2-3	300	97	220	0,10	0,424	2,68
2-4	240	145	220	0,12	0,430	2,64
3-4	300	108	220	0,10	0,424	2,68
4-5	240	75	220	0,12	0,430	2,64

Giải: Trước hết ta thiết lập các ma trận dữ liệu. Ở đây không xét đến máy phát và máy biến áp, nên các ma trận M_p và M_B là các ma trận zero. Vì các đường dây kép, nên các giá trị điện trở được chia đôi, còn giá trị dung dẫn được nhân đôi.

```
>> clear
DdU220;
Ucb=220;
Mp=[0 0 0 0 0];
MBA=[0 0 0 0 0];
Dd=[150 220 0.10/2 0.424/2 2*2.68*10^-6
    130 220 0.10/2 0.424/2 2*2.68*10^-6
    97  220 0.10/2 0.424/2 2*2.68*10^-6
    145 220 0.12/2 0.430/2 2*2.64*10^-6
    108 220 0.10/2 0.424/2 2*2.68*10^-6
    75  220 0.12/2 0.430/2 2*2.64*10^-6];
tsoptuHTD(Ucb,Mp,MBA,Dd);
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Tham số dương đây:

<i>Rdd(pu)</i>	<i>Xdd</i>	<i>Bdd</i>
0.0155	0.0657	0.1946
0.0134	0.0569	0.1686
0.0100	0.0425	0.1258
0.0180	0.0644	0.1853
0.0112	0.0473	0.1401
0.0093	0.0333	0.0958

Ta biểu thị giá trị điện áp và góc pha, công suất phát và công suất phụ tải ở các nút dưới dạng bảng bt12.2b. Trong bảng này một số điện áp và góc pha của chúng được cho dưới dạng nét đậm. Điều đó có nghĩa chúng là dữ liệu xuất phát ban đầu để tính toán giải tích. Công suất tác dụng và phản kháng phát ra tại nút cân bằng và công suất phản kháng phát ra tại nút P-V là chưa biết, bởi vậy trị số của chúng được biểu thị bởi dấu gạch (-). Cũng lưu ý thêm là nút cân bằng không chứa phụ tải, còn các nút P-V thì có phụ tải của mình.

Bảng bt12.2b. Điện áp nút, công suất phát và công suất phụ tải

N ^o nút	Điện áp nút		Phụ tải		Công suất phát	
	Trị số (pu)	Góc pha (độ)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1,05	0	-	-	0	0
2	1,035	0	15	8	65	35
3	1	0	40	25	35	0
4	1,04	0	20	12	40	20
5	1	0	25	16	24	0

Bước tiếp theo ta thiết lập chương trình tính toán trên MATLAB:

```
>> clear
```

```
basemva = 100; accuracy = 0.0001; maxiter = 10;
```

```
% No code Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
```

```

busdata=[1 1 1.05 0.0 0 0 0 0 10 50 0
2 2 1.035 0.0 15 8 60 35 10 50 0
3 0 1.000 0.0 40 25 0 0 0 0 0
4 2 1.04 0.0 20 12 40 20 0 0 0
5 0 1.00 0.0 25 16 0 0 0 0 0];

```

```
% Du lieu duong day
```

```
% Nut Nut R X 1/2 B Dd
```

```
% dau cuoi p.u. p.u. p.u.
```

```

linedata=[1 2 0.0155 0.0657 0.1946 1
1 5 0.0134 0.0569 0.1686 1
2 3 0.0100 0.0425 0.1258 1
2 4 0.0180 0.0644 0.1853 1
3 4 0.0112 0.0473 0.1401 1
4 5 0.0093 0.0333 0.0958 1];

```

```
lfybus % Ma tran dien dan
```

```
lfnewton % Giai tinh bang phuong phap Newton-Raphson
```

```
busout % Hien thi ket qua tren man hinh
```

Kết quả nhận được trên màn hình là:

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 9.45948e-005

No. of Iterations = 7

Bus Voltage Angle -----Load----- ---Generation--- Injected

No. Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar

1 1.050 0.000 0.000 0.000 0.624 -54.805 0.000

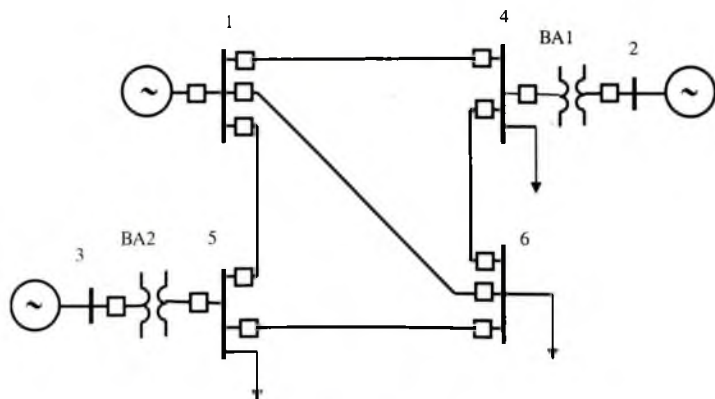
2 1.065 0.111 15.000 8.000 60.000 37.781 0.000

3	1.052	-0.343	40.000	25.000	0.000	0.000	0.000
4	1.040	0.157	20.000	12.000	40.000	-120.757	0.000
5	1.045	-0.220	25.000	16.000	0.000	0.000	0.000
Total			100.000	61.000	100.624	-137.781	0.000

Phân tích kết quả chạy chương trình ta thấy bài toán hội tụ sau 7 bước lặp với sai số không quá $9,45948.10^{-5}$.

Ví dụ 12.3.

Cho hệ thống điện với sơ đồ biểu thị trên hình 12.3. Các dữ liệu về đường dây và máy biến áp cho trong các bảng bt12.3a, số liệu về phụ tải và công suất phát cho trong bảng bt12.3b. Nút 1 được coi là nút cân bằng với điện áp là $U_1=1,06\angle 0^\circ$, các nút 2 và 3 là nút P-V với $U_2=1,04\angle 0^\circ$ và $U_3=1,03\angle 0^\circ$. Các nút 5 và 6 là nút tải. Hãy giải tích mạng điện bằng chương trình MATLAB.



Hình 12.3. Sơ đồ hệ thống điện ví dụ 12.3. -

Bảng bt12.3a: Dữ liệu đường dây kể cả máy biến áp

Từ nút	Đến nút	R (p.u.)	X (p.u.)	B/2 (p.u.)	Nắc BA
1	4	0,035	0,225	0,0065	
1	5	0,025	0,105	0,0045	
1	6	0,400	0,215	0,0055	
2	4	0,000	0,035	0,0000	0,969
3	5	0,000	0,042	0,0000	0,978
4	6	0,028	0,125	0,0035	
5	6	0,026	0,175	0,0300	

Bảng bt12.3b: Dữ liệu phụ tải

No. Nút	U, pu	Phụ tải		Công suất phát		
		P _D (MW)	Q _D (Mvar)	P _G , MW	Q _{min}	Q _{max}
1	1,06	0	0	-	-	-
2	1,04	0	0	120	0	100
3	1,03	0	0	100	0	75
4	1	80	57			
5	1	64	23			
6	1	123	75			

Giải: Trong bài toán này các máy biến áp BA1 và BA2 được coi như là các đoạn dây 2-4 và 3-5 với điện trở R và X tương ứng. Vì điện trở R của các máy biến áp nhỏ hơn rất nhiều so với điện trở cảm kháng, nên ta có thể coi là bằng 0. Trước hết ta thiết lập các chương trình dữ liệu busdata và linedata và dùng lệnh lfnwton để giải mạng điện theo phương pháp lặp Newton-Raphson. Chương trình MATLAB được thể hiện như sau:

```
>> basemva = 100; accuracy = 0.0001; maxiter = 10;
```

```
% Du lieu nut
```

```
% No Code D.áp gọc pha - Tai - ----- Phát ----- Máy bu
```

```
% nut nut pu do MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
```

```
busdata=[1 1 1.06 0.0 00.00 00.00 0.00 00.00 0 0 0
```

```
2 2 1.04 0.0 00.00 00.00 120.00 00.00 0 100 0
```

```

3 2 1.03 0.0 00.00 00.00 100.00 00.00 0 75 0
4 0 1.0 0.0 80.00 57.00 00.00 00.00 0 0 0
5 0 1.0 0.0 612.00 23.00 00.00 00.00 0 0 0
6 0 1.0 0.0 123.00 75.00 00.00 00.00 0 0 0];

```

% Du lieu dung day

```
% Nut Nut R X B/2 Nac BA
```

```
% Dau Cuoi p.u. p.u. p.u. lcho dd
```

```
linedata=[1 4 0.035 0.225 0.0065 1.0
```

```
1 5 0.025 0.105 0.0045 1.0
```

```
1 6 0.040 0.215 0.0055 1.0
```

```
2 4 0.000 0.035 0.0000 0.969
```

```
3 5 0.000 0.042 0.0000 0.978
```

```
4 6 0.028 0.125 0.0035 1.0
```

```
5 6 0.026 0.175 0.0300 1.0];
```

lbybus % Ma tran dien dan

lfnewton % Giai tinh md theo pp Newton-Raphson

busout % Hien thi ket qua

lineflow % Hien thi ket qua dang bang;

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 1.08486e-005

No. of Iterations = 9

Bus Voltage Angle -----Load----- ---Generation--- Injected

No. Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar

1 1.060 0.000 0.000 0.000 663.073 215.589 0.000

2 0.990 -5.335 0.000 0.000 120.000 94.566 0.000

3	0.980	-25.027	0.000	0.000	100.000	167.288	0.000
4	0.990	-7.715	80.000	57.000	0.000	0.000	0.000
5	0.933	-27.602	612.000	23.000	0.000	0.000	0.000
6	0.909	-15.268	123.000	75.000	0.000	0.000	0.000
Total			815.000	155.000	883.073	477.443	0.000

Line Flow and Losses

--Line-- Power at bus & line flow				--Line loss-- Transformer			
from	to	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar	tap
1	663.073	215.589	697.241				
4	66.781	26.021	71.671	1.612	8.996		
5	466.006	124.069	482.239	51.771	216.542		
6	130.288	65.501	145.826	7.599	39.774		
2	120.000	94.566	152.783				
4	120.000	94.567	152.784	0.000	7.827	0.969	
3	100.000	167.288	194.898				
5	100.000	167.289	194.899	0.000	15.889	0.978	
4	-80.000	-57.000	98.229				
1	-65.169	-17.025	67.356	1.612	8.996		
2	-120.000	-86.740	148.067	0.000	7.827		
6	105.169	46.765	115.098	3.793	16.300		
5	-612.000	-23.000	612.432				
1	-414.235	92.473	424.431	51.771	216.542		
3	-100.000	-151.400	181.444	0.000	15.889		
6	-97.765	35.927	104.158	3.299	17.119		
6	-123.000	-75.000	144.062				

1 -122.688 -25.727 125.357 7.599 39.774

4 -101.376 -30.465 105.855 3.793 16.300

5 101.064 -18.809 102.800 3.299 17.119

Total loss 68.075 322.447

Lời giải được tìm thấy sau 4 bước lặp với sai số $1,80187 \cdot 10^{-7}$.

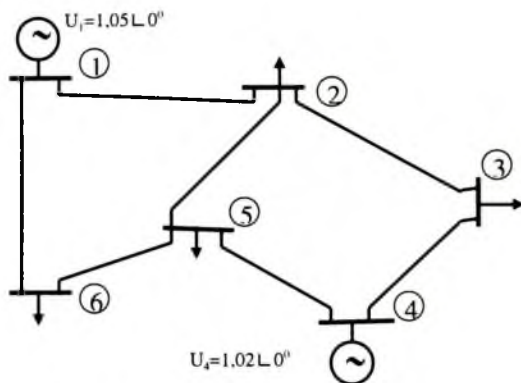
Ví dụ 12.4: Hãy giải tích chế độ xác lập của mạng điện với sơ đồ (hình 12.4) gồm 6 nút với 2 nút nguồn và 4 nút tải. Còi nút 1 là nút cân bằng và nút 5 là nút điều chỉnh P-V, các nút 2, 3 và 4 là các nút tải P-Q. Các số liệu về điện trở và điện dẫn dung kháng được cho trong bảng vd.12.4a, không cần xét đến điện trở trong của các nguồn. Giá trị điện áp, công suất phát và công suất phụ tải ở các nút được cho trong bảng vd12.4b.

Bảng vd12.4a: Điện áp, công suất phát và công suất phụ tải tại các nút

Nút N ^o	Mã	Điện áp		Phụ tải		Máy phát				Bù Q _r
		U (pu)	đ, độ	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	Q _{min}	Q _{max}	
1	1	1,05	0	0	0	-	-	0	0	0
2	0	1	0	20,4	8,2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	46,7	17,3	0	0	0	0	0
4	2	1,02	0	0	0	100	35	10	80	0
5	0	1	0	35,6	10,4	0	0	0	0	0
6	0	1	0	50,3	21,2	0	0	0	0	0

Bảng vd12.4b. Tham số của các đoạn dây (pu)

Nút đầu	Nút cuối	Điện trở	Dung dẫn (B/2)	Nấc biến áp
1	2	0,03 + j0,20	j0,020	1
1	6	0,035 + j0,25	j0,020	1
2	3	0,04 + j0,20	j0,025	1
2	5	0,08 + j0,45	j0,075	1
3	4	0,05 + j0,25	j0,020	1
4	5	0,056 + j0,40	j0,010	1
6	5	0,05 + j0,25	j0,020	1



Hình 12.4. Sơ đồ hệ thống điện ví dụ 12.4.

Chương trình MATLAB cho ví dụ 12.4 được soạn thảo như sau:

```
>> clear
```

```
basemva = 100; accuracy = 0.0001; maxiter = 10;
```

```
%      U   goc pha -load- -generator--- injected
```

```
%      No code Mag. Degr MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
```

```
busdata=[1 1 1.05 0.0 0.0 0.0 0 0 0 0 0
```

```
2 0 1.00 0.0 20.4 8.2 0 0 0 0 0
```

```
3 0 1.00 0.0 46.7 17.3 0 0 0 0 0
```

```
4 2 1.02 0.0 0.0 0.0 100 35 10 80 0
```

```
5 0 1.00 0.0 35.6 10.4 0.0 0 0 0 0
```

```
6 0 1.00 0.0 50.3 21.2 0 0 0 0 0];
```

```
%      Nut Nut R X 1/2 B Dd
```

```
%      dau cuoi p.u. p.u. p.u.
```

```
linedata=[1 2 0.03 0.20 0.020 1
```



```

1 6 0.035 0.25 0.020 1
2 3 0.04 0.20 0.025 1
2 5 0.08 0.45 0.075 1
3 4 0.05 0.25 0.020 1
4 5 0.056 0.40 0.010 1
6 5 0.05 0.25 0.020 1];

```

lfybus % Ma tran dien dan

lfnewton % Giai tich theo phuong phap Newton-Raphson

busout % Hien thi ket qua tren man hinh

bloss % Nhan he so ton that

lineflow % Hien thi ket qua giai tich duoi dang bang

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 1.34128e-008

No. of Iterations = 8

<i>Bus</i>	<i>Voltage</i>	<i>Angle</i>	<i>-----Load-----</i>		<i>---Generation---</i>		<i>Injected</i>
<i>No.</i>	<i>Mag.</i>	<i>Degree</i>	<i>MW</i>	<i>Mvar</i>	<i>MW</i>	<i>Mvar</i>	<i>Mvar</i>
1	1.050	0.000	0.000	0.000	56.402	27.084	0.000
2	1.023	-1.802	20.400	8.200	0.000	0.000	0.000
3	1.002	-0.735	46.700	17.300	0.000	0.000	0.000
4	1.040	6.665	0.000	0.000	100.000	12.473	0.000
5	1.005	-2.974	35.600	10.400	0.000	0.000	0.000
6	0.994	-4.808	50.300	21.200	0.000	0.000	0.000
<i>Total</i>			153.000	57.100	156.402	38.558	0.000

$B =$

0.0239 -0.0043

-0.0043 0.0305

$B0 =$

0.0012 -0.0002

$B00 =$

3.2835e-004

Total system loss = 3.40226 MW

Line Flow and Losses

--Line-- Power at bus & line flow --Line loss-- Transformer

from to MW Mvar MVA MW Mvar tap

1 56.402 27.084 62.568

2 18.649 9.575 20.963 0.132 -3.414

6 37.753 17.509 41.616 0.576 -0.068

2 -20.400 -8.200 21.986

1 -18.516 -12.989 22.618 0.132 -3.414

3 -7.108 9.537 12.895 0.076 -4.746

5 5.225 -4.748 7.060 0.028 -15.265

3 -46.700 -17.300 49.801

2 7.184 -14.283 15.988 0.076 -4.746

4 -53.884 -3.017 53.969 1.447 3.062

4 100.000 12.473 100.656

3 55.331 6.080 55.664 1.447 3.062

5 44.669 5.394 44.994 1.055 5.442

5 -35.600 -10.400 37.088

2 -5.197 -10.517 12.731 0.028 -15.265

4	-43.614	0.048	43.614	1.055	5.442
6	13.211	0.069	13.211	0.089	-3.554
6	-50.300	-21.200	54.585		
1	-37.178	-17.577	41.123	0.576	-0.068
5	-13.122	-3.623	13.613	0.089	-3.554
Total loss				3.402	-18.542

12.4. Giải tích mạng điện phân phối

12.4.1. Mạng điện phân phối trung áp

Mạng điện phân phối thường là mạng điện hở, vì vậy ở đây cần xây dựng chương trình phù hợp hơn. Trước hết cần phải đặt tên cho các nút theo trình tự như sau: Nút nguồn ký hiệu là 0, thứ tự các nút tiếp theo được xác định, trước hết theo đường trục, sau đó đến nhánh rẽ đầu tiên, cứ thế cho đến nút cuối cùng là điểm cuối của nhánh rẽ cuối cùng.

Trong bài toán này ta cần biểu thị mối quan hệ giữa dòng điện nút và dòng điện nhánh dưới dạng:

$$\mathbf{I} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{J};$$

Trong đó: \mathbf{I} là ma trận dòng nhánh, còn \mathbf{J} là ma trận dòng nút và \mathbf{A} là ma trận quan hệ dòng-nhánh- dòng nút, đó là ma trận tam giác với các phần tử đường chéo bằng 1.

Quan hệ giữa điện áp nút và dòng nhánh có thể thiết lập theo định luật Ohm:

$$\Delta U = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{I}$$

Trong đó ma trận tổng trở \mathbf{Z} là ma trận tổng trở nhánh. Đối với các nút có máy biến áp, thì dòng công suất được bổ sung thêm một lượng bằng tổn thất công suất trong các máy biến áp tại nút đó.

Ví dụ 12.5: Hãy giải tích chế độ xác lập của mạng điện phân phối 22kV hình 12.5. Các số liệu về công suất đặt và phụ tải của các trạm biến áp được cho trên sơ

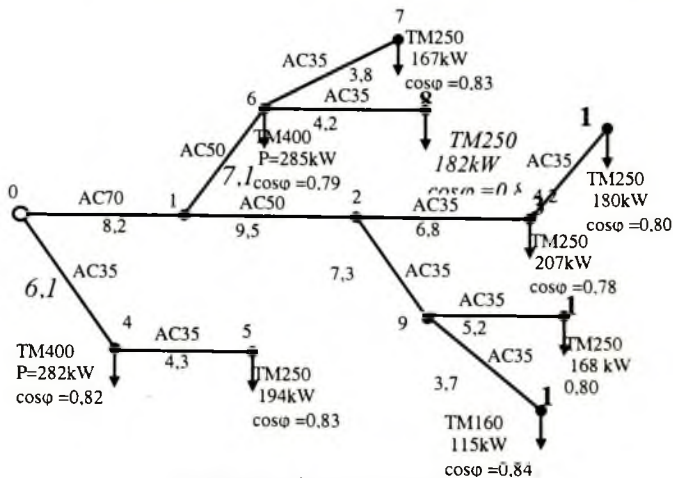
đồ (nhà trạm biến áp tại nút 11 hiện chưa có tài), chiều dài các đoạn dây tính bằng km; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_m = 4520h$.

Bảng vd12.5a. Chiều và mã hiệu dây dẫn của các đoạn dây

	0-1	1-2	2-3	0-4	4-5	1-6	6-7	6-8	2-9	9-10	9-11	3-12
l, km	4,2	3,5	3,8	3,1	2,3	4,1	3,8	4,2	4,3	3,7	3,2	2,2
AC	150	95	50	50	35	70	35	35	50	35	35	35

Bảng vd12.5b. Tham số của các máy biến áp và phụ tải tại các điểm nút

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S_n, kVA	0	0	250	400	250	400	320	250	0	160	50	250
$\Delta P_c, kW$	0	0	0,64	0,84	0,64	0,84	0,64	0,64	0	0,5	0,2	0,64
$\Delta P_k, kW$	0	0	4,1	5,75	4,1	5,75	4,1	4,1	0	2,95	1,25	4,1
$U_k, \%$	0	0	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4
$I_0, \%$	0	0	7	6	7	6	7	7	0	7	8	7
P, kW	0	0	207	282	194	285	167	182	0	115	0	180
$\cos\phi$	0	0	0,78	0,82	0,83	0,79	0,83	0,81	0	0,84	0	0,80



Hình 12.5: Sơ đồ Lưới phân phối ví dụ 12.5.

Giải: Để thiết lập ma trận quan hệ dòng nhánh-dòng nút, trước hết ta cần thiết lập hệ phương trình quan hệ dòng nhánh và dòng nút như sau:

$$I_1 = j_1 + j_2 + j_3 + j_6 + j_7 + j_8 + j_9 + j_{10} + j_{11} + j_{12};$$

$$I_2 = j_2 + j_3 + j_9 + j_{10} + j_{11} + j_{12};$$

$$I_3 = j_3 + j_{12};$$

$$I_4 = j_4 + j_5;$$

$$I_5 = j_5;$$

$$I_6 = j_6 + j_7 + j_8;$$

$$I_7 = j_7;$$

$$I_8 = j_8;$$

$$I_9 = j_9 + j_{10} + j_{11};$$

$$I_{10} = j_{10};$$

$$I_{11} = j_{11};$$

$$I_{12} = j_{12};$$

Ma trận quan hệ giữa các dòng điện nhánh (I) và dòng nút (j) được thể hiện trong bảng sau:

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂
I ₁	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
I ₂	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
I ₃	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I ₄	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
I ₅	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
I ₆	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
I ₇	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
I ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
I ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Các dữ liệu đầu vào có thể biểu thị ở một file riêng, hoặc gõ trực tiếp vào máy. Chương trình MATLAB cho ví dụ 12.5 được thể hiện như sau:

```
>> clear

DdU22;

n=12;% So nut cua mang

Tm=4520;

Un = 22;% Dien ap dinh muc

Uo = 23;% Dien ap tai thanh cai nguồn

L=[8.2 9.5 6.8 6.1 4.3 7.1 3.8 4.2 7.3 3.7 5.2 4.2];

z0=[AC70 AC50 AC35 AC35 AC35 AC50 AC35 AC35 AC35 AC35 AC35
AC35];

Sn=[0 0 250 400 250 400 250 250 0 160 180 250];

dPo=[0 0 0.64 0.84 0.64 0.84 0.64 0.64 0 0.5 0.53 0.64];

dPk=[0 0 4.1 5.75 4.1 5.75 4.1 4.1 0 2.95 3.15 4.1];

Uk=[0 0 4 4 4 4 4 4 0 4 4 4];

Io=[0 0 7 6 7 6 7 7 0 7 7 7];

P=[0 0 207 282 194 285 167 182 0 115 168 180];

cos=[0 0 0.78 0.82 0.83 0.79 0.83 0.81 0.8 0.84 0 0.80];

A=[1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1
0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0]
```

```

0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1];
nd=[0 0 1 1 2 2 3 4 6 6 9 9]; % nut dau
nc=[1 4 2 6 3 9 12 5 7 8 10 11]; % nut cuoi
k= [0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1]; % nut co tai
Z=z0.*L;
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
for i=1:n
    if cos(i)~=0
        tan(i) = sqrt(1-cos(i).^2)./cos(i);
        Q(i) = P(i)*tan(i);
    else
        Q(i)= 0;
    end
    if k(i) ~= 0
        Pba(i) = k(i)*dPo(i) + 1/k(i)*dPk(i)*((P(i)/cos(i))/Sn(i))^2;
        Qba(i) = k(i)*Io(i)*Sn(i)/100 + 1/k(i)*Uk(i)*(P(i)/cos(i))^2/(100*Sn(i));
    else
        Pba(i)=0;
        Qba(i)=0;
    end
end
Ptt = P + Pba;

```

```

Qtt = Q + Qba;
Stt = sqrt(Ptt.^2+Qtt.^2);
Jtt = conj(Stt)/(sqrt(3)*Un); % Dong dien nut
I=A*Jtt'; % Dong dien nhanh
dU=I.*Z.*10^-1/Un; % Hao ton dien ap tren cac nhanh
Snh=sqrt(3)*Un.*I;
dP = real(Z).*I'.^2*10^(-3);
dP=dP';
dA=dP*to;
dAtong=sum(dA);
dPtong=sum(dP);
dPpt=sum(dP)*100/sum(P);
format bank % 2 ky tu sau dau phay
disp('Ket qua la:');
disp('I.A dU,% dP,kW dA,kWh');
fprintf('%7.2f'), disp([I,dU,dP,dA])
disp('dPt, kW dPt,% dAtong, kWh');
fprintf('%7.2f'), disp([dPtong,dPpt,dAtong])

```

Kết quả hiển thị trên màn hình như sau:

Ket qua la:

<i>I.A</i>	<i>dU,%</i>	<i>dP,kW</i>	<i>dA,kWh</i>
44.58	0.76	7.50	21791.36
22.27	0.63	3.06	8899.99
13.97	0.37	1.13	3278.45
16.33	0.38	1.38	4017.26

6.63	0.11	0.16	466.90
22.32	0.47	2.30	6679.19
5.72	0.08	0.11	307.43
6.39	0.10	0.15	424.00
8.30	0.23	0.43	1242.08
3.89	0.06	0.05	138.33
4.41	0.09	0.09	249.70
6.41	0.10	0.15	426.13
<i>dPt, kW</i>	<i>dPt, %</i>	<i>dAtong, kWh</i>	
16.49	0.93	47920.83	

Như vậy tổng tổn thất công suất trong mạng điện là $\Delta P_t = 16,49$ kW, chiếm 0,93%. Tổng tổn thất điện năng là $\Delta A = 47920,83$ kWh.

Bài toán có thể giải với sự trợ giúp của hàm **giaimdpp** được cài sẵn trong máy. Sau khi gõ các dữ liệu đầu vào, chỉ cần bổ sung thêm lệnh:

>> DdU22;

$[l, dU, dP, dA] = \text{giaimdpp}(n, T_m, U_n, U_o, L, z_0, n_d, n_c, k, P, \cos, S_n, dP_o, dP_k, I_o, U_k, A);$

Kết quả nhận được cũng giống như trên.

12.4.2. Mạng điện phân phối hạ áp

Việc tính toán tổn thất điện năng trong mạng điện hạ áp phức tạp hơn so với mạng trung áp do nhiều nguyên nhân, trong đó có nguyên nhân mất đối xứng. Tổn thất trong mạng điện hạ áp có xét đến sự mất đối xứng được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P = \sum_{j=1}^n k_{pj} \Delta P_{1j}$$

Trong đó:

ΔP_{ij} – tổn thất công suất tác dụng đối với phần tử thứ j ở chế độ đối xứng;

$$\Delta P_{ij} = \frac{R_j(P_j^2 + Q_j^2)}{U^2}$$

R_j – điện trở của phần tử thứ j ;

U – điện áp mạng điện;

k_{pj} – hệ số tổn thất công suất ở phần tử thứ j .

Trong trường hợp tổng quát hệ số tổn thất công suất đối với đường dây ba pha có dây trung tính là:

$$k_p = 1 + k_2^2 + k_0^2 \left(1 + \frac{3R_T}{R_{ph}}\right)$$

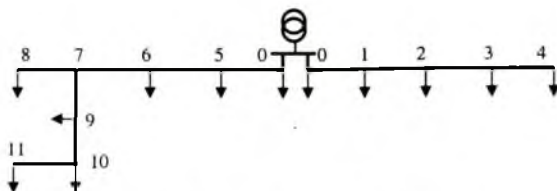
k_2, k_0 - các hệ số không đối xứng theo các thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không;

R_T, R_{ph} – điện trở dây trung tính và dây pha.

Bài toán 12.6. Hãy giải tích chế độ xác lập của mạng điện hạ áp hình 12.6.

Các số liệu về công suất đặt và phụ tải được cho trong bảng, chiều dài các đoạn dây tính bằng km; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_m=3400h$. Dòng điện các pha đo được trên thanh cái 0,4 kV của trạm biến áp là: $I_a=249,8$; $I_b=180,3$; $I_c=324,8$;

Điểm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P	13,83	14,64	15,31	13,19	23,83	9,31	11,96	8,19	12,04	12,1	13,24
cos	0,92	0,92	0,9	0,93	0,91	0,92	0,93	0,9	0,92	0,92	0,9
Đoạn	0-1	1-2	2-3	3-4	0-5	5-6	6-7	7-8	7-9	9-10	10-11
l , km	0,368	0,243	0,144	0,086	0,137	0,146	0,245	0,336	0,138	0,233	0,135
Dây	A50	A50	A50	A50	A95	A95	A95	A95	A35	A35	A35



Hình 12.6 Sơ đồ mạng điện hạ áp ví dụ 12.6.

Giải: Chương trình MATLAB cho ví dụ 12.6 được soạn thảo như sau:

```
>> clear
Ia=249.8; Ib=180.3; Ic=324.8;
a=-1/2+j*sqrt(3)/2;
I1=(Ia+Ib+Ic)/3;
I2=(Ia+a*Ib+a^2*Ic)/3;
I0=1/3*(Ia+a^2*Ib+a*Ic)/3;
k2=I2/I1;
k0=I0/I1;
k2m=abs(k2);
k0m=abs(k0);
kp=1+k2m^2+4.33*k0m^2
n=11;%Nhập số nút của mạng
Tm= 3400;
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
Un = 0.38;% Nhập điện áp định mức
Uo = 0.4;% Nhập điện áp tại thanh cái nguồn
% Số liệu dương day
DdU04
L=[0.368 0.243 0.144 0.086 0.137 0.146 0.245 0.336 0.138 0.233,0.135];
z0=[A50 A50 A50 A50 A95 A95 A95 A95 A35 A35 A35];
nd=[0 1 2 3 0 5 6 7 7 9 10];
```

```

nc=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11];
k=[0 1 1 1 1 1 1 1 1]; % Nut co tai
P=[13.83 14.64 15.31 13.19 23.83 9.31 12.96 8.19 12.04 12.1
13.24];
cos=[0 0.92 0.90 0.93 0.91 0.92 0.93 0.90 0.92 0.92 0.90];
% Ma tran quan he dong nhanh va dong nut
A=[1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1];
Z=z0.*L;
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
for i=1:n
    if cos(i)~=0
        tan(i)=sqrt(1-cos(i).^2)./cos(i);
        Q(i)=P(i)*tan(i);
    else
        Q(i)=0;
    end
end
Stt=sqrt(P.^2+Q.^2);
Jtt=conj(Stt)/(sqrt(3)*Un); % Dong dien nut

```

```

I=A*Ijt'; % Dong dien nhanh
dU=I.*Z'*10^-1/Un; % Hao ton dien ap tren cac nhanh
Snh=sqrt(3)*Un.*I;
dP = real(Z).*I'.^2*10^(-3);
dP=dP';
dA=dP.*to;
dPkdX=dP.*kp;
Itong=sum(I)
dPtong=sum(dP);
dPpt=sum(dP)*100/sum(P) ;
dAtong=sum(dA);
format bank % 2 ky tu sau dau phay
disp('Ket qua la:');
disp('I,A dU,% dP,kW dA,kWh');
fprintf('%7.2f'), disp([I,dU,dP,dA])
disp('dPt, kW dPt,% dAtong, kWh');
fprintf('%7.2f'), disp([dPtong,dPpt,dAtong]);

```

Kết quả hiển thị trên màn hình như sau:

Ket qua la:

<i>I,A</i>	<i>dU,%</i>	<i>dP,kW</i>	<i>dA,kWh</i>
92.58	5.74	2.02	3807.51
71.57	2.93	0.80	1502.48
47.39	1.15	0.21	390.42
21.55	0.31	0.03	48.20
152.38	1.81	1.05	1979.79
112.59	1.43	0.61	1151.91
97.22	2.07	0.76	1441.11
13.83	0.40	0.02	39.97

62.22	1.85	0.44	826.15
42.33	2.13	0.34	645.78
22.35	0.65	0.06	104.30
dPt, kW	$dPt, \%$	$dAtong, kWh$	
6.33	4.26	11937.62	

Biểu thị các kết quả tính toán trong bảng sau:

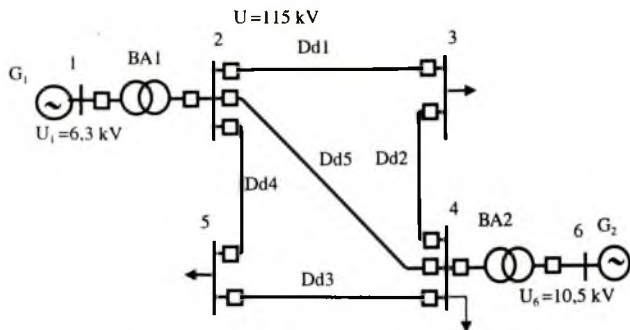
Đoạn	0-1	1-2	2-3	3-4	0-5	5-6	6-7	7-8	7-9	9-10	10-11
I, A	92.58	71.57	47.39	21.55	152.38	112.59	97.22	13.83	62.22	42.33	22.35
$\Delta U, \%$	5.74	2.93	1.15	0.31	1.81	1.43	2.07	0.40	1.85	2.13	0.65
$\Delta P, kW$	2.02	0.80	0.21	0.21	1.05	0.61	0.76	0.76	0.44	0.34	0.06
$\Delta A, kWh$	3807.5	1502.5	390.4	48.20	1979.79	1151.91	39.97	826.15	826.15	645.78	104.30

12.5. Bài tập

Bài tập 12.1: Cho mạng điện truyền tải (hình 12.7) với dữ kiện về các phần tử mạng điện cho trong bảng bt12.1. Hãy áp dụng các chương trình MATLAB để xác định các tham số của các phần tử trong hệ đơn vị tương đối.

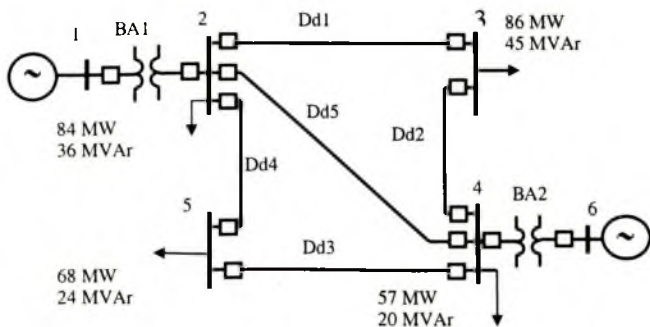
Bảng bt12.1. Các dữ kiện của các phần tử mạng điện

NMĐ1	$S_{mp}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E=1,05$		$x''_d=0,20$
NMĐ2	$S_{mp}=1 \times 350 \text{ MVA}$	$U_n=10,5 \text{ kV}$	$E=1,1$		$x''_d=0,15$
TBA1	$S_{BA}=1 \times 250 \text{ MVA}$	6,3/115kV			$U_k=10,5\%$
TBA2	$S_{BA}=1 \times 400 \text{ MVA}$	10,5/115kV			$U_k=10,5\%$
ĐD 1	$l_1=100 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,085$	$b_0=2,82 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 2	$L_2=75 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,41 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,1$	$b_0=2,81 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 3	$l_2=112 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,08$	$b_0=2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 4	$l_4=69 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,065$	$b_0=2,84 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 5	$L_5=132 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,106$	$b_0=2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$



Hình 12.7. Sơ đồ hệ thống điện bài tập 12.1.

Bài tập 12.2: Cho sơ đồ hệ thống điện 110 kV như hình 12.8. Nút 1 được coi là nút cân bằng có $U_1 = 1,05 \angle 0^\circ$, nút 6 là nút điều chỉnh có $U_6 = 1,04 \angle 0^\circ$, còn các nút 2, 3, 4 và 5 là nút tải. Giới hạn trên và giới hạn dưới của công suất phản kháng của các máy phát tương ứng là 70 và 10 MVar. Nấc của các máy biến áp 1 là 0,985 và của máy biến áp 2 là 0,982. Hãy xác định dòng công suất trên các đoạn dây, giá trị điện áp tại các nút và tổng tổn thất trong mạng bằng phương pháp sử dụng chương trình MATLAB.



Hình 12.8. Sơ đồ hệ thống điện bài tập 12.2.

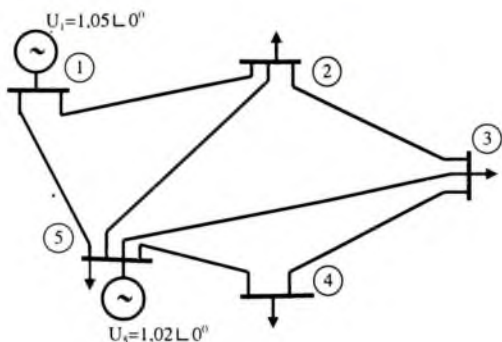
Bài tập 12.3: Sơ đồ hệ thống hình 12.9 với hai nút máy phát và 3 nút tải. Cột nút 1 là nút cân bằng có điện áp $U_1 = 1,05 \angle 0^\circ$ và nút 5 là nút điều chỉnh P-V có điện áp $U_5 = 1,02 \angle 0^\circ$, các nút 2, 3 và 4 là các nút tải P-Q. Các số liệu về điện trở và điện dẫn dung kháng của các đường dây được cho trong bảng bt12.3a. Giá trị điện áp, công suất phát và công suất phụ tải ở các nút được cho trong bảng bt12.3b. Không cần xét đến điện trở trong của các nguồn, hãy xác định dòng công suất trên các đoạn dây, giá trị điện áp tại các nút và tổng tổn thất trong mạng bằng phương pháp sử dụng chương trình MATLAB.

Bảng bt12.3a. Dữ liệu điện trở và điện dẫn đường dây bài tập 12.3

Đoạn dây (nút - nút)	Điện trở	Dung dẫn (B/2)
1-2	$0,02 + j0,10$	$j0,030$
1-5	$0,05 + j0,25$	$j0,020$
2-3	$0,04 + j0,20$	$j0,025$
2-5	$0,05 + j0,25$	$j0,020$
3-4	$0,05 + j0,25$	$j0,020$
3-5	$0,08 + j0,40$	$j0,010$
4-5	$0,10 + j0,50$	$j0,075$

Bảng bt12.3b. Điện áp, công suất phát và công suất phụ tải tại các nút

Nút		Điện áp		Phụ tải		Máy phát				Bù
N ^o	Mã	U (pu)	δ , độ	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	Q_{min}	Q_{max}	Q.
1	1	1,05	0	0	0	—	—	0	0	0
2	0	1	0	96	62	0	0	0	0	0
3	0	1	0	35	14	0	0	0	0	0
4	0	1	0	16	8	0	0	0	80	0
5	2	1,02	0	24	11	48	—	0	0	0

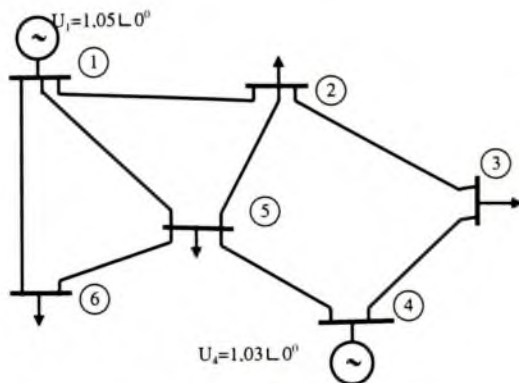


Hình 12.9. Sơ đồ hệ thống điện cho bài tập 12.3.

Bài tập 12.4: Cho sơ đồ mạng điện gồm 6 nút với 2 nút nguồn và 4 nút tải (hình 12.10). Coi nút 1 là nút cân bằng có điện áp $U_1 = 1,05 \angle 0^\circ$ và nút 4 là nút điều chỉnh P-V có điện áp $U_4 = 1,03 \angle 0^\circ$, các nút 2, 3, 5 và 6 là các nút tải P-Q. Các số liệu về công suất phát và công suất phụ tải ở các nút, điện trở và điện dẫn dung kháng của các đường dây được cho trong bảng bt12.4a, b. Không cần xét đến điện trở trong của các nguồn, hãy xác định dòng công suất trên các đoạn dây, giá trị điện áp tại các nút và tổng tổn thất trong mạng bằng phương pháp sử dụng chương trình MATLAB.

Bảng bt12.4a. Điện áp, công suất phát và công suất phụ tải tại các nút.

Nút		Điện áp		Phụ tải		Máy phát				Bù
N ^o	Mã	U (pu)	đ, độ	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)	Q _{min}	Q _{max}	Q _c
1	1	1,05	0	0	0	-	-	0	0	0
2	0	1	0	20,6	8,2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	42,3	18,4	0	0	0	0	0
4	2	1,02	0	0	0	92	35	0	80	0
5	0	1	0	25,4	10,2	0	0	0	0	0
6	0	1	0	32	13,2	0	0	0	0	0



Hình 12.10. Sơ đồ hệ thống điện bài tập 12.4.

Bảng bt12.4b. Điện trở và dung dẫn của đường dây (pu)

Nút đầu	Nút cuối	Điện trở	Dung dẫn (B/2)	Nấc biến áp
1	2	$0,03 + j0,20$	$j0,020$	1
1	5	$0,035 + j0,31$	$j0,022$	1
1	6	$0,05 + j0,25$	$j0,020$	1
2	5	$0,08 + j0,45$	$j0,075$	1
3	4	$0,05 + j0,25$	$j0,020$	1
4	5	$0,08 + j0,40$	$j0,010$	1
6	5	$0,05 + j0,25$	$j0,020$	1

Bài toán 12.5 Hãy giải tích chế độ xác lập của mạng điện phân phối 10kV hình 12.11. Các số liệu về công suất đặt và phụ tải của các trạm biến áp được cho trên sơ đồ, chiều dài các đoạn dây tính bằng km; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_m = 4500h$.

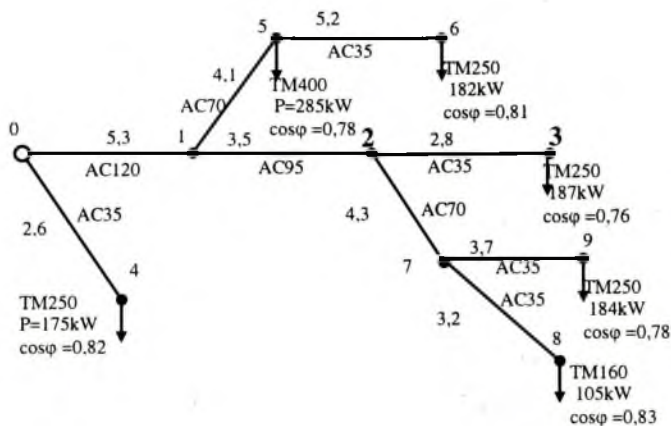
Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 12:

tsoptuHTD dùng chuyển đổi các đại lượng sang hệ đơn vị tương đối;

lfybus cho phép chuyển đổi ma trận điện trở thành ma trận điện dẫn;

lfgauss cho phép giải tích mạng điện theo phương pháp Gauss-Seidel;

Ifnewton cho phép giải tích mạng điện theo pp Newton-Raphson;
 blossom cho phép xác định các hệ số tổn thất B_{ij} theo phương pháp Kuhn;
 busout cho phép nhận được kết quả các nút đầu ra dưới dạng bảng.
 Lineflow dùng để hiển thị kết quả tính toán dưới dạng bảng.
 giaiamdpp cho phép giải tích mạng điện phân phối.



Hình 12.11. Sơ đồ Lưới phân phối bài tập 12.5.

Phân bố tối ưu công suất trong hệ thống điện

13.1. Khái quát chung

13.1.1. Đặc tính chi phí của các tổ máy phát

Đặc tính chi phí của các nhà máy điện được biểu thị dưới dạng phương trình bậc hai đối với công suất phát:

$$C = \alpha + \beta P + \gamma P^2;$$

Trong đó:

C – chi phí sản xuất điện năng, \$/h;

P – công suất máy phát, MW;

α, β, γ là các hệ số hồi quy, xác định từ các số liệu thống kê, theo phương pháp bình phương cực tiểu.

13.1.2. Phân bố tối ưu công suất của các tổ máy phát không xét đến tổn thất trong mạng

Nếu không xét đến tổn thất trong mạng điện thì điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy là suất tăng chi phí ϵ của tất cả các nhà máy bằng nhau:

$$\epsilon = dC_i/dP_i = \beta_i + 2\gamma_i P_i = \lambda = \text{const}$$

Với λ là hệ số Lagrange, còn gọi là lambda hệ thống:

$$\lambda = \frac{P_D + \sum_{i=1}^{n_g} \frac{\lambda - \beta_i}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^{n_g} \frac{1}{2\gamma_i}} \quad (13.1)$$

P_D – tổng phụ tải.

Công suất tối ưu của mỗi tổ máy:

$$P_i = \frac{\lambda - \beta_i}{2\gamma_i} \quad (13.2)$$

13.1.3. Phân bố tối ưu công suất của các tổ máy phát có xét đến tổn thất trong mạng

Nếu có xét đến tổn thất trong mạng, thì điều kiện phân bố tối ưu công suất sẽ là:

$$l_i \frac{\partial C_i}{\partial P_i} = \lambda = \text{const} \quad i = 1, 2, \dots, n_g \quad (13.3)$$

Hay: $l_i \epsilon = \lambda$

Trong đó l_i là hệ số phạt của máy phát thứ i , được xác định bởi biểu thức:

$$l_i = \frac{1}{1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_i}} \quad (13.4)$$

P_L là tổn thất trong mạng điện, xác định theo biểu thức **Kuhn**:

$$P_L = \sum_{i=1}^{n_g} \sum_{j=1}^{n_g} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{n_g} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (13.5)$$

B_{ij} – hệ số tổn thất giữa các nút i và nút j còn gọi là hệ số **B**, có thể coi là không đổi trong quá trình tính toán;

B_{0i} – hệ số tổn thất ứng với nút thứ i ;

B_{00} – hệ số tổn thất cố định;

n_g – số máy phát cần phân bố tối ưu công suất trong tổng số n máy phát;

P_i, P_j – công suất ứng với nút thứ i và nút thứ j .

Bài toán phân bố tối ưu công suất có thể giải theo phương pháp lặp: Đầu tiên cho trước một giá trị $\lambda^{(1)}$ và xác định giá trị P_i theo biểu thức (13.2), sau đó kiểm tra xem tổng công suất phát có bằng tổng phụ tải không:

$$\Delta P^{(1)} = P_D - \sum_{i=1}^{n_g} P_i^{(1)} \quad (13.6)$$

Nếu sự chênh lệch nhỏ hơn độ chính xác ấn định thì lời giải đạt yêu cầu, còn không thì tiếp tục bước tính tiếp theo là xác định sự thay đổi của hệ số λ :

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{\Delta P^{(1)}}{\sum_{i=1}^{n_g} \frac{1}{2\gamma_i}} \quad (13.7)$$

Và tính giá trị mới của $\lambda^{(2)}$ theo biểu thức:

$$\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta \lambda^{(1)} \quad (13.8)$$

Quá trình được lặp lại cho đến khi thể hiện sự hội tụ của bài toán.

Ví dụ 13.1

Hàm chi phí của các tổ máy phát nhiệt điện được cho như sau:

$$C_1 = 452 + 4,8P_1 + 0,005P_1^2;$$

$$C_2 = 400 + 5,4P_2 + 0,007P_2^2;$$

$$C_3 = 312 + 6,2P_3 + 0,008P_3^2$$

Trong đó chi phí tính bằng (\$/h), công suất tính bằng MW. Tổng phụ tải $P_D = 640$ MW. Bỏ qua tổn thất đường dây và giới hạn của máy phát, hãy xác định sự phân bố công suất tối ưu giữa các tổ máy và tổng chi phí \$/h sản xuất điện năng của hệ thống.

Giải: Chương trình MATLAB thiết lập để giải bài toán theo phương pháp lặp Newton-Raphson được thể hiện như sau:

```
>> clear
```

```
a=[452; 400; 312];
```

```

b = [4.8; 5.4;6.2];
gam=[0.005; 0.007; 0.008];
PD=640;
DelP = 10;      % Chon gia tri sai so
lamd = 6.5; % Chon gia tri xuat phat cua Lamd
disp(['Lamd P1 P2 P3 DP grad Del'])
iter = 0;        % Buoc lap
while abs(DelP) >= 0.001 % Kiem tra su hoi tu
    iter = iter + 1;    % So buoc lap
    P = (lamd - b)./(2*gam);
    DelP =PD - sum(P);    % So du
    J=sum(ones(length(gam),1)./(2*gam));%Tong gradient
    Del = DelP/J;        % Doi bien
    disp([lamd, P(1), P(2), P(3), DelP, J, Del])
    lamd = lamd + Del;    % Loi giai thanh cong
end
Chiphi = sum(a + b.*P + gam.*P.^2);

```

Kết quả nhận được là:

<i>Lambda</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>DP</i>	<i>grad</i>	<i>Delambda</i>
6.5000	170.0000	78.5714	18.7500	372.6786	233.9286	1.5931
8.0931	329.3130	192.3664	118.3206	0.0000	233.9286	0.0000

Chiphi =

5.4303e+003

Ví dụ 13.2: Cũng giải bài toán ví dụ 13.1 trên với sự áp dụng chương trình đồ họa để biểu thị lời giải của bài toán.

Giải: Trước hết ta lấy đạo hàm của các hàm chi phí:

$$dC_1 = 4,8 + 0,010P_1;$$

$$dC_2 = 5,4 + 0,014P_2;$$

$$dC_3 = 6,2 + 0,016P_3$$

Chương trình MATLAB vẽ đồ thị được thể hiện như sau:

```
>> axis([0 450 5 10.5]); % Định dạng hệ trục tọa độ
```

```
lamd=8.0931 ;
```

```
P1=270:5:450; P2 = 150:5:330; P3=80:5:250;
```

```
dC1= 4.8 + 0.01 *P1;
```

```
dC2= 5.4 + 0.014 *P2;
```

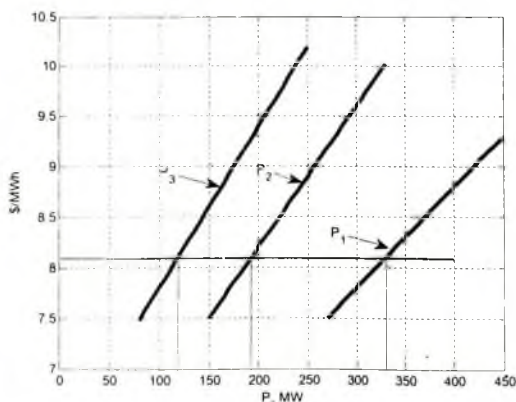
```
dC3= 6.2 + 0.016 *P3;
```

```
Px = 0:100:400;
```

```
plot(P1, dC1, P2, dC2, P3, dC3, Px, lamd*ones(1, length(Px)),'-m'),
```

```
xlabel('P, MW'), ylabel(' $/MWh'), grid;
```

Kết quả hiển thị trên màn hình dưới dạng đồ thị như sau:



Hình 13.1. Đồ thị phân bổ tối ưu công suất các tổ máy ví dụ 13.1

13.2. Chương trình phân bố tối ưu công suất trong hệ thống điện

Ta thấy việc áp dụng các lệnh MATLAB cho phép giải bài toán phân bố tối ưu công suất một cách thuận tiện và nhanh chóng, nhưng sẽ còn thuận tiện hơn nhiều khi ta áp dụng các hàm được xây dựng sẵn, được lưu trong Power system toolbox.

13.2.1. Chương trình *dispatch*

Chương trình *dispatch* được xây dựng để tính toán sự phân bố tối ưu dòng công suất trong hệ thống điện. Chương trình cho kết quả hệ số λ của hệ thống và sự phân bố tối ưu công suất phát. Chương trình này đòi hỏi các dữ liệu đầu vào bắt buộc là tổng phụ tải *Pdt* và chi phí của các nhà máy điện dưới dạng ma trận các hệ số của phương trình đặc tính kinh tế, tên là "*cost*":

$$\text{cost} = [\alpha_1 \quad \beta_1 \quad \gamma_1;$$

$$\alpha_2 \quad \beta_2 \quad \gamma_2;$$

$$\alpha_n \quad \beta_n \quad \gamma_n];$$

Nếu bạn quên vào các dữ liệu bắt buộc này, thì máy sẽ nhắc bổ sung trong quá trình giải.

Ngoài ra, chương trình còn có thể chấp nhận bốn biến khác (không bắt buộc) là giới hạn công suất của các tổ máy "*mwlimits*", các hệ số tổn thất "B". "B0", và "B00". Biến *mwlimits* được cho dưới dạng ma trận gồm hai cột: cột thứ nhất là giới hạn dưới và cột thứ hai là giới hạn trên của máy phát:

$$\text{mwlimits} = [\text{Pduoi1}, \text{Ptren1};$$

$$\text{Pduoi2}, \text{Ptren2};$$

$$\dots \dots$$

$$\text{Pduoin}, \text{Ptrenn}];$$

Các biến B, B0 và B00 được xác định từ chương trình *bloss* (xem chương 11) và biểu thị dưới dạng ma trận:

$$B = [B_{11} \ B_{12} \ \dots \ B_{1n}$$

$$B_{21} \ B_{12} \ \dots \ B_{1n}$$

$$B_{n1} \ B_{n2} \ \dots \ B_{nn}];$$

$$B0 = [B_0/2_1 \ B_0/2_2 \ \dots \ B_0/2_n];$$

$$B00 = B_{00};$$

Nếu các biến này không được xác định, thì chương trình sẽ mặc định coi chúng bằng zero và giải bài toán không xét đến tổn thất và giới hạn của máy phát.

13.2.2. Chương trình *gencost*

Chương trình "*gencost*" cho phép xác định tổng chi phí sản xuất điện năng. Chương trình này luôn đồng hành với chương trình *dispatch* để cho kết quả phân bố tối ưu công suất và tổng chi phí của hệ thống ứng với sự phân bố công suất đã xác định.

Nếu không xét đến tổn thất trong mạng điện thì các lệnh giải bài toán phân bố tối ưu công suất phát được thực hiện như sau:

```
>> Pdt;
```

```
cost;
```

```
dispatch;
```

```
gencost;
```

Trong trường hợp có xét đến tổn thất trong mạng điện, thì ngoài các lệnh trên, cần bổ sung thêm ma trận giới hạn công suất và ma trận các hệ số tổn thất, mà được xác định từ chương trình *bloss* đã xét ở trên.

```
>> Pdt;
```

```
cost;
```

```
mwlimits;
```

```
B;
```

B0;

B00;

dispatch;

gencost;

Ví dụ 13.3: Giải lại bài toán ví dụ 13.1 bằng lệnh "*dispatch*".

Giải: Trước hết ta cần khai báo các dữ liệu Pdt và cost, sau đó gọi các hàm dispatch và gencost. Chuỗi lệnh được thực hiện như sau:

```
>> clear
```

```
Pdt=640;
```

```
cost=[452 4.8 0.005
```

```
400 5.4 0.007
```

```
312 6.2 0.008];
```

```
dispatch;
```

```
gencost;
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 8.093130 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

329.3130

192.3664

118.3206

Total generation cost = 5430.34 \$/h.

Có nghĩa là suất tăng chi phí (lambda hệ thống) bằng 8.093130\$/MWh, công suất của các tổ máy được phân bổ như trên sẽ cho tổng chi phí nhỏ nhất là 5430.34 \$/h.

Kết quả nhận được ở đây cũng giống như ở ví dụ 13.1. Ta dễ dàng nhận thấy việc áp dụng các chương trình MATLAB có sẵn hết sức đơn giản và thuận tiện

tuy nhiên, lưu ý là các hàm này chỉ có trong MATLAB “xịn”. Nếu MATLAB của bạn chưa được cài toolbox này, thì đành giải bài toán theo phương pháp “bản thủ công” như trên vậy thôi. Bạn sẽ thấy các chương trình này còn lợi hại hơn nhiều khi có xét đến các điều kiện ràng buộc của bài toán, mà chúng ta sẽ đề cập đến ngay sau đây:

Ví dụ 13.4: Hệ thống điện có ba nhà máy với các đặc tính chi phí như sau (\$/h):

$$C_1 = 520 + 5,1P_1 + 0,006P_1^2;$$

$$C_2 = 440 + 5,7P_2 + 0,007P_2^2;$$

$$C_3 = 300 + 6,1P_3 + 0,007P_3^2;$$

Các giới hạn công suất của các tổ máy tương ứng như sau: (MW):

$$250 \leq P_1 \leq 500$$

$$200 \leq P_2 \leq 400$$

$$150 \leq P_3 \leq 300$$

Tổn thất công suất được xác định theo biểu thức:

$$P_{l(pu)} = 0,0185P_{1(pu)}^2 + 0,0218P_{2(pu)}^2 + 0,0252P_{3(pu)}^2$$

Trong đó các hệ số tổn thất được xác định trong hệ đơn vị tương đối với công suất cơ bản là $S_{cb} = 100$ MVA. Tổng phụ tải là $P_D = 870$ MW. Hãy phân bố tối ưu công suất của các tổ máy và xác định tổng chi phí \$/h của nhà máy điện trong các trường hợp:

Không xét đến giới hạn công suất của các tổ máy;

Có xét đến giới hạn công suất của các tổ máy;

Có xét đến giới hạn công suất của các tổ máy và tổn thất trong mạng.

Giải: Bài toán này được giải với sự trợ giúp của chương trình MATLAB như sau:

a) Trường hợp không xét đến giới hạn của các tổ máy

Ta gõ các lệnh sau:

```
>> clear
```

```
Pdt=870;
```

```
cost=[520 5.1 0.006  
      440 5.75 0.007  
      200 6.1 0.007];
```

```
dispatch;
```

```
gencost;
```

Kết quả nhận được là:

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 9.467368 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

363.9474

265.5263

240.5263

Total generation cost = 7703.36 \$/h

b) Trường hợp có xét đến giới hạn của các tổ máy

```
>> clear
```

```
Pdt=870;
```

```
cost=[520 5.1 0.006  
      440 5.75 0.007  
      200 6.1 0.007];
```

```
mwllimits=[150 300  
           200 400  
           150 300];
```

```
dispatch;
```

```
gencost;
```

Kết quả là:

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 9.915000 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

300.0000

297.5000

272.5000

Total generation cost = 7742.21 \$/h

Như vậy chúng ta thấy trong trường hợp không xét đến giới hạn của các tổ máy, thì tổng chi phí sẽ thấp hơn. Tuy nhiên, trong thực tế điều đó là không thể chấp nhận, vì có thể dẫn đến sự quá tải của máy phát và sẽ gây ra nhiều thiệt hại khác.

c) Trường hợp có xét đến giới hạn của các tổ máy và tổn thất trong mạng

>> clear

Pdt=870;

cost=[520 5.1 0.006

440 5.75 0.007

200 6.1 0.007];

mwlimits=[150 300

200 400

150 300];

B=[0.0185, 0, 0

0, 0.0218, 0

0, 0, 0.0252];

basemva=100;

dispatch;

gencost;

Kết quả là:

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 13.193776 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

300.0000

333.5894

300.0000

Total generation cost = 8387.11 \$/h

Trong trường hợp này do có xét đến tổn thất trong mạng, nên tổng chi phí cao hơn so với các trường hợp trên, sự phân bố công suất của các tổ máy ở đây cũng hơi khác so với các trường hợp đầu.

Ví dụ 13.5: Ba nhà máy điện làm việc hợp nhất trong một hệ thống có tổng phụ tải là $P_D=865$ MW, các hàm chi phí tương ứng và giới hạn công suất phát của các nhà máy được cho trong bảng vd13.5, các hệ số tổn thất B_{ij} , B_0 và B_{00} được cho dưới dạng ma trận. Hãy phân bố tối ưu công suất của các nhà máy có xét đến các điều kiện giới hạn công suất và tổn thất điện năng trong hệ thống.

Bảng vd13.5. Các dữ kiện về hàm chi phí và giới hạn công suất của nhà máy điện

	Máy 1		Máy 2		Máy 3	
C, \$/h	$C_1=210+7.2P_1+0.007P_1^2$		$C_2= 200+ 7P_2+0.008P_2^2$		$C_3=180+6.8P_3+0.009P_3^2$	
Giới hạn, MW	Dưới	Trên	Dưới	Trên	Dưới	Trên
	100	300	100	350	150	400

Các hệ số tổn thất

$B_{ij}=[0.0228 \ 0.0083 \ 0.0026$

$0.0085 \ 0.0238 \ 0.0016$

$0.0027 \ 0.0018 \ 0.0180];$

$B_0=[0.0003 \ 0.0032 \ 0.0016];$

$B_{00}=0.00030462;$

Giải: Áp dụng chương trình Matlab giải bài toán với các lệnh sau:

```
>> clear  
Pdt=865;  
cost=[210 7.2 0.007  
      200 7.0 0.008  
      180 6.8 0.009];  
mwlimits =[100 300  
           100 350  
           150 400];  
B=[0.0228 0.0083 0.0026  
   0.0085 0.0238 0.0016  
   0.0027 0.0018 0.0180];  
B0=[0.0003 0.0032 0.0016];  
B00=0.00030462;  
dispatch;  
gencost;
```

Kết quả trên màn hình:

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 14.713451 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

300.0000

326.4883

331.2455

Total generation cost = 9758.16 \$/h

Trong thực tế các hệ số tổn thất được xác định từ chương trình giải tích mạng điện và bài toán phân bổ tối ưu công suất là một phần của bài toán giải tích và tối ưu hóa chế độ hệ thống điện. Dưới đây chúng ta xét một bài toán tổng thể như vậy.

Ví dụ 13.6: Cho sơ đồ hệ thống điện như hình 13.2 các tham số của các phần tử cho trên sơ đồ và trong bảng vd13.6, trong đó các tham số điện áp, điện trở và điện dẫn của các đoạn dây cho trong hệ đơn vị tương đối (pu), công suất tác dụng và phản kháng cho trong hệ đơn vị có tên: MW và MVar. Nút 1 được coi là nút cân bằng có $U_1 = 1,05 \angle 0^\circ$, các nút 2 và 4 là nút điều chỉnh có điện áp tương ứng là $1,03 \angle 0^\circ$ và $11,02 \angle 0^\circ$, còn nút 3 và 5 là nút tải. Các máy phát có giới hạn công suất dưới là 10 MW và giới hạn trên lần lượt là 75, 70 và 60 MW. Đặc tính kinh tế của các máy phát được cho như sau:

$$C_1 = 161 + 6,8P_1 + 0,007 P_1^2;$$

$$C_2 = 170 + 6,5P_2 + 0,008 P_2^2;$$

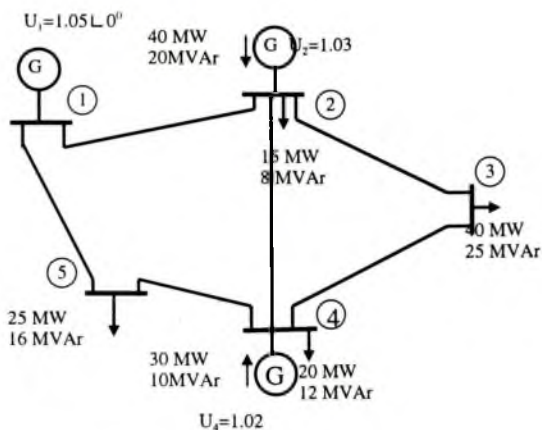
$$C_3 = 152 + 6,7P_3 + 0,006 P_3^2;$$

Hãy giải tích và xác định sự phân bố tối ưu công suất phát trong hệ thống điện.

Bảng vd13.6. Tham số của các đoạn dây

Đoạn dây	Trong hệ đơn vị tương đối, pu		
	R	X	1/2B
1-2	0,068182	0,236777	0,05445
1-5	0,059091	0,205207	0,04719
2-3	0,044091	0,153116	0,035211
2-4	0,071901	0,234876	0,049828
3-4	0,049091	0,170479	0,039204
4-5	0,03719	0,121488	0,025773

	Nhà máy 1		Nhà máy 2		Nhà máy 3	
Giới hạn, MW	Dưới	Trên	Dưới	Trên	Dưới	Trên
	10	50	10	70	10	60



Hình 13.2. Sơ đồ hệ thống điện ví dụ 13.6.

Giải: Trước hết ta cần thiết lập các ma trận dữ liệu nút busdata và đường dây linedata, sau đó áp dụng các hàm giải tích và phân bố công suất để giải bài toán. Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> basemva = 100; accuracy = 0.0001; maxiter = 10;

%                               Phu tai      CS phat   Gioi han
%   No code   Mag. Degree  MW   Mvar  MW   Mvar  Qmin  Qmax  Mvar
busdata=[1 1  1.05  0.0  0  0  0  0  10  50  0
          2 2  1.03  0.0  15  8  60 35 10  50  0
          3 0  1.00  0.0  40  25 0  0  0  0  0
          4 2  1.02  0.0  20  12  40 20 0  0  0
          5 0  1.00  0.0  25  16 0  0  0  0  0];

%   Bus bus  R      X    1/2 B  lines
%   nl  nr   p.u.   p.u.         p.u.
```

```

linedata=[1 2 0.068182 0.236777 0.05445 1
          1 5 0.059091 0.205207 0.04719 1
          2 3 0.044091 0.153116 0.035211 1
          2 4 0.071901 0.234876 0.049828 1
          3 4 0.049091 0.170479 0.039204 1
          4 5 0.03719 0.121488 0.025773 1];

lfybus % Ma tran dien dan
lfnewton % Giai tich bang phuong phap Newton-Raphson
busout % Hien thi ket qua tren man hinh
bloss % Nhan he so ton that
cost = [161 6.8 0.007
        170 6.5 0.008
        152 6.7 0.006];
mwlimits =[10 50
            10 70
            10 60];

dispatch % Phan bo toi uu cong suat phat
gencost % Tinh toan tong chi phi san xuat dien $/h

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

```

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 3.89378e-005

No. of Iterations = 6

<i>Bus</i>	<i>Voltage</i>	<i>Angle</i>	<i>-----Load-----</i>	<i>---Generation---</i>	<i>Injected</i>
<i>No.</i>	<i>Mag.</i>	<i>Degree</i>	<i>MW</i>	<i>Mvar</i>	<i>MW</i>
<i>1</i>	<i>1.050</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.920</i>
					<i>4.466</i>
					<i>0.000</i>

2	1.050	1.156	15.000	8.000	60.000	19.196	0.000
3	1.012	-0.697	40.000	25.000	0.000	0.000	0.000
4	1.020	0.490	20.000	13.000	40.000	-13.230	0.000
5	1.019	-0.638	25.000	16.000	0.000	0.000	0.000
Total			100.000	61.000	100.920	10.432	0.000

$B =$

0.8607 0.0105 0.0005
 0.0105 0.0172 -0.0018
 0.0005 -0.0018 0.0121

$B0 =$

0.0454 0.0011 -0.0004

$B00 =$

8.7066e-004

Total system loss = 0.925701 MW

Incremental cost of delivered power (system lambda) = 7.331770 \$/MWh

Optimal Dispatch of Generation:

10.0000

45.1338

46.9396

Absolute value of the slack bus real power mismatch, $dpslack = 0.0908$ pu

Total generation cost = 1189.08 \$/h

13.3. Bài tập

Bài tập 13.1: Hàm chi phí của các tổ máy phát nhiệt điện được cho như sau:

$$C_1 = 560 + 5.6P_1 + 0.005P_1^2;$$

$$C_2 = 423 + 5.8P_2 + 0.007P_2^2;$$

$$C_3=327+6,1P_3+0,006P_3^2$$

Trong đó chi phí tính bằng (\$/h), công suất tính bằng MW. Tổng phụ tải $P_D=495$ MW. Bỏ qua tổn thất đường dây và giới hạn của máy phát, hãy xác định sự phân bố công suất tối ưu giữa các tổ máy và tổng chi phí \$/h sản xuất điện năng của hệ thống.

Bài tập 13.2: Cũng giải bài toán 13.1 trên với sự áp dụng chương trình đồ họa để biểu thị lời giải của bài toán.

Bài tập 13.3: Giải lại bài toán 13.1 bằng lệnh "dispatch".

Bài tập 13.4: Hệ thống điện có ba nhà máy với các đặc tính chi phí như sau (\$/h):

$$C_1=160+6,2P_1+0,007P_1^2;$$

$$C_2=180+5,8P_2+0,009P_2^2;$$

$$C_3=200+6,0P_3+0,008P_3^2;$$

Các giới hạn của các tổ máy như sau: (MW):

$$50 \leq P_1 \leq 200$$

$$100 \leq P_2 \leq 200$$

$$100 \leq P_3 \leq 350$$

Tổn thất công suất được xác định theo biểu thức đơn giản là:

$$P_{L(pu)} = 0,0213P_{1(pu)}^2 + 0,0183P_{2(pu)}^2 + 0,0225P_{3(pu)}^2$$

Trong đó các hệ số tổn thất được xác định trong hệ đơn vị tương đối với công suất cơ bản là $S_{cb}=100$ MVA. Tổng nhu cầu phụ tải là $P_D=675$ MW.

Hãy phân bố tối ưu công suất của các tổ máy và xác định tổng chi phí \$/h của nhà máy điện trong các trường hợp:

- Không xét đến giới hạn công suất của các tổ máy ;
- Có xét đến giới hạn công suất của các tổ máy ;
- Có xét đến giới hạn công suất của các tổ máy và tổn thất trong mạng.

Bài tập 13.5: Ba nhà máy điện làm việc hợp nhất trong một hệ thống có tổng phụ tải là $P_0=250$ MW, các hàm chi phí tương ứng và giới hạn công suất phát của các nhà máy được cho trong bảng bt13.5, các hệ số tổn thất B_{ij} , B_0 và B_{00} được cho dưới dạng ma trận. Hãy phân bố tối ưu công suất của các nhà máy có xét đến các điều kiện giới hạn công suất và tổn thất điện năng trong hệ thống.

Bảng bt13.5. Các dữ kiện về hàm chi phí và giới hạn công suất của nhà máy điện

	Máy 1		Máy 2		Máy 3	
C, \$/h	$C_1=210+6,0P_1+0,006P_1^2$		$C_2=317+6,4P_2+0,007P_2^2$		$C_3=226+6,3P_3+0,008P_3^2$	
Giới hạn, MW	Dưới	Trên	Dưới	Trên	Dưới	Trên
	10	75	20	100	20	100

Bài tập 13.6: Cho sơ đồ hệ thống điện như hình 13.3 các tham số của các phần tử cho trên sơ đồ và trong bảng vd13.6, trong đó các tham số điện áp, điện trở và điện dẫn của các đoạn dây cho trong hệ đơn vị tương đối (pu), công suất tác dụng và phản kháng cho trong hệ đơn vị có tên: MW và MVar. Nút 1 được coi là nút cân bằng với điện áp là $U_1=1,06\angle 0^\circ$, các nút 2 và 3 là nút P-V với $U_2=1,04\angle 0^\circ$ và $U_3=1,03\angle 0^\circ$. Các nút 5 và 6 là nút tải. Các máy phát có giới hạn công suất dưới là 10 MW và giới hạn trên lần lượt là 75, 70 và 60 MW. Đặc tính kinh tế của các máy phát được cho như sau:

$$C_1 = 260 + 5,7P_1 + 0,006 P_1^2;$$

$$C_2 = 196 + 6,3P_2 + 0,005 P_2^2;$$

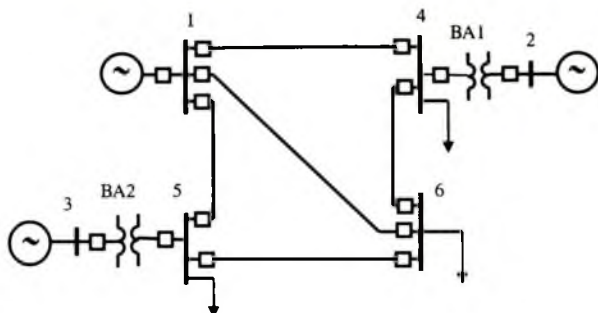
$$C_3 = 215 + 6,5P_3 + 0,004 P_3^2;$$

Bảng bt13.6a: Dữ liệu đường dây kể cả máy biến áp

Từ nút	Đến nút	R (p.u.)	X (p.u.)	B/2 (p.u.)	Nấc BA
1	4	0,035	0,225	0,0065	
1	5	0,025	0,105	0,0045	
1	6	0,400	0,215	0,0055	
2	4	0,000	0,035	0,0000	0,969
3	5	0,000	0,042	0,0000	0,978
4	6	0,028	0,125	0,0035	
5	6	0,026	0,175	0,0300	

Giới hạn, MW	Nhà máy 1		Nhà máy 2		Nhà máy 3	
	Dưới	Trên	Dưới	Trên	Dưới	Trên
	50	150	50	200	50	150

Hãy xác định sự phân bố tối ưu công suất phát trong hệ thống điện.



Hình 13.3. Sơ đồ hệ thống điện bài tập 13.6.

Bảng bt13.6b: Dữ liệu phụ tải

No. Nút	U, pu	Phụ tải		Công suất phát		
		P_D (MW)	Q_D (Mvar)	P_G , MW	Q_{min}	Q_{max}
1	1,06	0	0	-	-	-
2	1,04	0	0	120	0	100
3	1,03	0	0	100	0	75
4	1	80	57			
5	1	64	23			
6	1	123	75			

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 13:

disptch dùng để tính toán sự phân bố tối ưu dòng công suất trong HTĐ;

gencost cho phép xác định tổng chi phí sản xuất điện năng.

Tính toán ngắn mạch

14.1. Tính toán ngắn mạch đối xứng

14.1.1. Khái quát về ngắn mạch đối xứng

Dòng ngắn mạch đối xứng được xác định theo biểu thức:

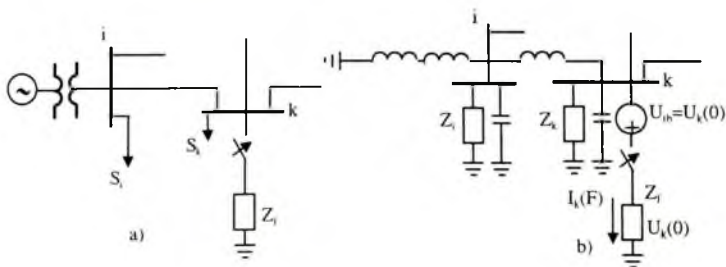
$$I_k(sc) = \frac{U_k(0)}{Z_{kk} + Z_f} \quad (14.1)$$

Trong đó:

$U_k(0)$ – điện áp trước sự cố tại điểm ngắn mạch;

Z_{kk} – tổng trở ngắn mạch;

Z_f – điện trở quá độ tại điểm ngắn mạch (trường hợp ngắn mạch bền vững $Z_f=0$).



Hình 14.1.

a) Sơ đồ mạng điện ngắn mạch tại nút k; b) Sơ đồ tương đương Thevenin.

Điện áp sự cố (trong quá trình ngắn mạch) tại nút i được xác định theo biểu thức:

$$U_i(sc) = U_i(0) - Z_{ik} \frac{U_k(0)}{Z_{kk} + Z_f} \quad (14.2)$$

Dòng điện trên đoạn dây ij trong quá trình ngắn mạch được xác định theo biểu thức:

$$I_{ij}(sc) = \frac{U_i(sc) - U_j(sc)}{Z_{ij}} \quad (14.3)$$

Trong đó:

Z_{ik} – điện trở đoạn dây từ nút i đến nút k ;

Z_{ij} – điện trở đoạn dây từ nút i đến nút j .

14.1.2. Chương trình tính toán ngắn mạch đối xứng

14.1.2.1. Chương trình thiết lập ma trận điện trở nút

Ma trận điện trở nút có thể được thiết lập theo hai cách: Cách thứ nhất áp dụng chương trình **Zbuild** và cách thứ hai là áp dụng chương trình **Zbuildpi**, dưới đây sẽ giới thiệu khái quát về hai chương trình này:

1) Chương trình Zbuild

Chương trình **Zbuild** cho phép thiết lập ma trận điện trở nút **Zbus** khi dữ liệu đầu vào **zdata** đã được thiết lập:

$$Zbus = zbuild(zdata)$$

zdata là ma trận gồm 4 cột chứa dữ liệu điện trở của các đoạn dây của mạng. Có thể biểu thị ma trận này dưới dạng bảng như sau:

Đoạn dây	Số hiệu nút		Điện trở đoạn dây, pu	
	Đầu	Cuối	R	X
G-1	0	1	0.00	0.023
1-2	1	2	0.03	0.240

Cột 1 là số hiệu nút đầu, cột 2 chứa số hiệu nút cuối, cột 3 và 4 chứa dữ liệu về điện trở tác dụng và phản kháng trong hệ đơn vị tương đối. Số hiệu các nút có thể là tùy ý, nhưng tốt nhất nên theo một nguyên tắc nhất định. Ở đây tất cả các nút máy phát được nhận số hiệu 0, nhánh máy phát chứa các điện trở máy phát: Có thể là điện trở siêu quá độ (X''_d), quá độ (X''_d) (X'_d) hoặc điện trở đồng bộ (X_d). Một số phụ tải và điện dung nối với đất cũng có thể được xét đến trong ma trận này.

2) Chương trình *Zbuildpi*

Ma trận *Zbus* cũng có thể được thiết lập với sự trợ giúp của hàm *Zbus=zbuildpi(linedata, gendata, yload)*, trong đó *linedata* là ma trận dữ liệu đường dây như đã xét trong bài toán giải tích mạng điện, *gendata* là ma trận dữ liệu của máy phát, đây là ma trận 3 cột, cột thứ nhất chứa số hiệu nút máy phát, cột thứ 2 và 3 chứa điện trở tác dụng và điện trở phản kháng của máy phát.

Ma trận *yload* là tùy ý (không bắt buộc). Nó có chứa các kết quả của bài toán giải tích (số hiệu nút và điện trở tải) *yload* được tạo ra một cách tự động tùy thuộc vào việc áp dụng một trong các chương trình tính toán này.

Hai chương trình (*zbuild* và *zbuildpi*) nhận các ma trận điện trở nút theo thuật toán đã định. Trước hết một cây có chứa các phần tử liên quan đến nút tham chiếu được lựa chọn. Sau đó các nhánh duy trì của cây được nối liên kết và cuối cùng cây liên kết được bổ sung.

14.1.2.2. Chương trình tính toán ngắn mạch đối xứng

Chương trình *symfault(zdata, Zbus, V)* được xây dựng để tính toán ngắn mạch đối xứng. Trong đó các ma trận dữ liệu *zdata* và *Zbus* là bắt buộc, còn ma trận điện áp trước sự cố *V* là tùy ý. Nếu *V* không được biểu thị, thì một cách mặc định, điện áp trước sự cố được giả thiết là 1.0 pu. Nếu *V* được tính đến, thì nó được thể hiện dưới dạng mảng gồm số hiệu nút và điện áp phức của nút. Các dữ liệu này được tạo ra một cách tự động theo bài toán giải tích mạng điện.

Chương trình MATLAB tính toán ngắn mạch đối xứng trong hệ thống điện được soạn thảo như sau [9]:

```
% Hadi Saadat, 1998
```

```

function symfaul(zdata, Zbus, V)
nl = zdata(:,1); nr = zdata(:,2); R = zdata(:,3);
X = zdata(:,4);
nc = length(zdata(1,:));
if nc > 4
    BC = zdata(:,5);
elseif nc == 4, BC = zeros(length(zdata(:,1)), 1);
end
ZB = R+j*X;
nbr=length(zdata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));
if exist('V') == 1
    if length(V) == nbus
        U0 = V;
    else, end
else, U0 = ones(nbus, 1) + j*zeros(nbus, 1);
end
fprintf('\Phan tich ngan mach doi xung \n')
ff = 999;
while ff > 0
    nf = input('Vao so hieu nut su co No. -> ');
    while nf <= 0 | nf > nbus
        fprintf('Nut su co phai nam trong khoang 1 & %g \n', nbus
    nf = input('Go nut nm No. -> ');
    end
    fprintf('\nVao dien tro su co Zf = R + j*X in ')

```

```

Zf = input('Dang phuc (Neu nm ben vung, thi go 0). Zf = ');
fprintf(' \n')
fprintf('Ngan mach ba pha tai nut No. %g\n', nf)
If = U0(nf)/(Zf + Zbus(nf, nf));
Ifm = abs(If); Ifmang=angle(If)*180/pi;
fprintf('Tong dong su co = %8.4f pu \n\n', Ifm)
% Hien thi ra man hinh(' p.u. \n\n', Ifm)
fprintf('Dien ap nut trong qua trinh su co, pu \n\n')
fprintf('  Nut  -----Gia tri dien ap----- \n')
fprintf('  No.  Gia tri,pu   goc pha \n')
for n = 1:nbus
    if n==nf
        Uf(nf) = U0(nf)*Zf/(Zf + Zbus(nf,nf));  Ufm = abs(Uf(nf));
        angv=angle(Uf(nf))*180/pi;
    else, Uf(n) = U0(n) - U0(n)*Zbus(n,nf)/(Zf + Zbus(nf,nf));
        Ufm = abs(Uf(n)); angv=angle(Uf(n))*180/pi;
    end
    fprintf('  %4g', n), fprintf('%14.4f', Ufm),fprintf('%14.4f\n', angv)
end
fprintf(' \n')
fprintf('Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. %g\n\n', nf)
fprintf('  Tu   den  ----Gia tri dong dien--- \n')
fprintf('  nut   nut   Gia tri,pu   goc pha \n')
for n= 1:nbus
    % lgn=0;

```

```

for I = 1:nbr
    if nl(I) == n | nr(I) == n
        if nl(I) == n      k = nr(I);
        elseif nr(I) == n k = nl(I);
    end
    if k==0
        Ink = (U0(n) - Uf(n))/ZB(I);
        Inkm = abs(Ink); th=angle(Ink);
        % Neu th <= 0
        if real(Ink) > 0
            fprintf(' G '), fprintf('%7g',n), fprintf('%12.4f', Inkm)
            fprintf('%12.4f\n', th*180/pi)
        elseif real(Ink) ==0 & imag(Ink) < 0
            fprintf(' G '), fprintf('%7g',n), fprintf('%12.4f', Inkm)
            fprintf('%12.4f\n', th*180/pi)
        else, end
        Ign=Ink;
    elseif k ~= 0
        Ink = (Uf(n) - Uf(k))/ZB(I)+BC(I)*Uf(n);
        % Ink = (Uf(n) - Uf(k))/ZB(I);
        Inkm = abs(Ink); th=angle(Ink);
        % Ign=Ign+Ink;
        % Neu th <= 0
        if real(Ink) > 0

```

```

fprintf('%7g', n), fprintf('%10g', k)
fprintf('%12.4f', Inkm), fprintf('%12.4f\n', th*180/pi)
    elseif real(Ink) == 0 & imag(Ink) < 0
fprintf('%7g', n), fprintf('%10g', k),
fprintf('%12.4f', Inkm), fprintf('%12.4f\n', th*180/pi)
    else, end
else, end
else, end
end
if n==nf
fprintf('%7g',n), fprintf(' F'), fprintf('%12.4f', Ifm)
fprintf('%12.4f\n', Ifmang)
else, end
end
resp=0;
while strcmp(resp, 'ko')~=1 & strcmp(resp, 'N')~=1 & strcmp(resp, 'co')~=1
& strcmp(resp, 'co')~=1
    resp = input('Co tinh diem nm khac? Go "co" hoac "ko" giua cac dau phay
tren -> ');
    if strcmp(resp, 'ko')~=1 & strcmp(resp, 'ko')~=1 & strcmp(resp, 'co')~=1 &
strcmp(resp, 'co')~=1
        fprintf('\n Tra loi sai, thu lai lan nua \n\n'), end
    end
    if resp == 'co' | resp == 'co'

```

```

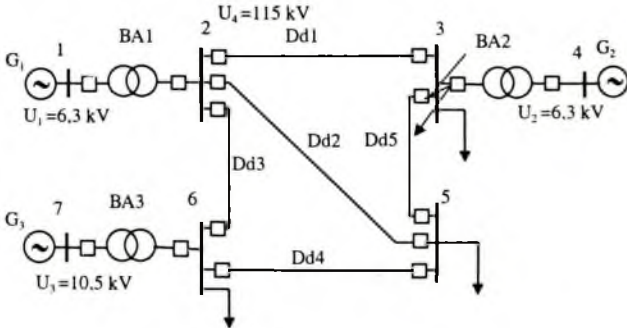
nf = 999;
else ff = 0; end
end % end cho vong lap while

```

Chương trình *symfault* sẽ nhắc người sử dụng vào số hiệu nút sự cố và điện trở sự cố. Điện trở sự cố là giá trị điện trở quá độ tại điểm xảy ra sự cố, nếu giá trị này không cho, thì có nghĩa là ngắn mạch xảy ra trực tiếp (ngắn mạch bền vững), không có điện trở quá độ, tức là $Z_f = 0$. Chương trình *symfault* tính toán dòng sự cố chạy trên tất cả các đoạn dây và giá trị điện áp ở tất cả các nút trong quá trình xảy ra sự cố.

Ví dụ 14.1: Cho mạng điện truyền tải (hình 14.2) dữ kiện về các phần tử mạng điện cho trong bảng vd14.1. Hãy áp dụng các chương trình MATLAB tính toán ngắn mạch tại điểm nút 3 theo hai cách, (coi điện trở quá độ tại điểm ngắn mạch $Z_f=0$):

- Áp dụng lệnh `symfault(zdata, Zbus)`;
- Áp dụng lệnh `symfault(linedata, Zbus)`.



Hình 14.2. Sơ đồ hệ thống điện vi dụ 14.1.

Bảng vd14.1. Các dữ kiện của các phần tử mạng điện

NMD1	$S_{mp}=1 \times 300 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E=1,05$		$x''_d=0,20$
NMD2	$S_{mp}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E=1,05$		$x''_d=0,15$
NMD3	$S_{mp}=1 \times 400 \text{ MVA}$	$U_n=10,5 \text{ kV}$	$E=1,1$		$x''_d=0,25$
TBA1	$S_{BA}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$6,3/115 \text{ kV}$			$U_k=10,5\%$
TBA2	$S_{BA}=1 \times 125 \text{ MVA}$	$6,3/115 \text{ kV}$			$U_k=10,5\%$
TBA3	$S_{BA}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$10,5/115 \text{ kV}$			$U_k=10,5\%$
ĐD 1	$l_1=78 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,4 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,1$	$b_0=2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 2	$l_2=135 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,41 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,12$	$b_0=2,84 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 3	$l_2=120 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,4 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,12$	$b_0=2,82 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 4	$l_4=82 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,1$	$b_0=2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 5	$l_4=117 \text{ km}$	$U=115 \text{ kV}$	$x_0=0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0=0,1$	$b_0=2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$

Giải: Trước hết cần xác định các tham số của các phần tử (R , X và $B/2$) trong hệ đơn vị tương đối, ứng với chế độ cơ bản (xem ví dụ 11.2):

Tiếp theo ta thiết lập file dữ liệu đường dây:

a) Cách thứ nhất:

```
>> clear
```

```
%      nd nc R    X
```

```
>> zdata=[0 1 0.0000 0.0667
```

```
0 4 0.0000 0.0750
```

```
0 7 0.0000 0.0625
```

```
1 2 0 0.0525
```

```
2 3 0.0590 0.2359
```

```
2 5 0.1225 0.4083
```

```
2 6 0.1089 0.3720
```

```
3 5 0.0885 0.3540
```

```
3 4 0 0.0840
```

```
5 6 0.0620 0.2480
```

```
6 7 0 0.0525];
```

```
Zbus = zbuild(zdata);
```

```
symfault(zdata, Zbus);
```

Khi chạy, chương trình sẽ nhắc bạn “Vao so hieu nut su co No. ->”. bạn cần điền số hiệu nút vào vị trí chờ, trường hợp này là số 3, khi đó máy sẽ hỏi tiếp: “Vao dien tro su co Zf = R + j*X (Neu nm ben vung, thi go 0). Zf =”. Bạn cần điền giá trị điện trở quá độ vào vị trí sau dấu bằng, trong trường hợp này bạn gõ số 0. Cuối cùng máy sẽ nhắc “Co tinh diem nm khac? Go 'co' hoac 'ko' giua cac dau phay tren ->”. Nếu không muốn tính tiếp điểm ngắn mạch khác thì bạn gõ chữ ko giữa hai dấu phẩy trên ('ko'). Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng vd14.1.

b) Cách thứ hai

```
>> linedata=[1 2 0.0000 0.0525 0.000 1
```

```
2 3 0.0590 0.2359 0.0144 1
```

```
2 5 0.1225 0.4083 0.0252 1
```

```
2 6 0.1089 0.3720 0.0225 1
```

```
3 4 0.0000 0.0840 0.00 0.975
```

```
3 5 0.0885 0.3540 0.0217 1
```

```
5 6 0.0620 0.2480 0.0152 1
```

```
6 7 0.0000 0.0525 0.0000 1];
```

```
% gen R Xd'
```

```

gendata=[1 0 0.0667;
          4 0 0.075;
          7 0 0.0625];
Zbus=zbuidpi(linedata, gendata);
symfault(linedata, Zbus);
>> linedata=[1 2 0.0000 0.0525 0.000 1
              2 3 0.0590 0.2359 0.0144 1
              2 5 0.1225 0.4083 0.0252 1
              2 6 0.1089 0.3720 0.0225 1
              3 4 0.0000 0.0840 0.00 0.975
              3 5 0.0885 0.3540 0.0217 1
              5 6 0.0620 0.2480 0.0152 1
              6 7 0.0000 0.0525 0.0000 1];

```

```
% gen R Xd'
```

```

gendata=[1 0 0.0667;
          4 0 0.075;
          7 0 0.0625];
Zbus=zbuidpi(linedata, gendata);
symfault(linedata, Zbus);

```

Ở đây bạn cũng thực hiện các thao tác tương tự như cách 1. Kết quả thể hiện trong bảng vd14.1 sau:

Kết quả hiển thị trên màn hình:

Cách thứ nhất:				Cách thứ hai:			
Ngan mach ba pha tai nut No. 3				Ngan mach ba pha tai nut No. 3			
Tong dong su co = 10.5140 pu				Tong dong su co = 10.4569 pu			
Dien ap nut trong qua trinh su co, pu				Dien ap nut trong qua trinh su co, pu			
Nut -----Gia tri dien ap-----				Nut -----Gia tri dien ap-----			
No.	Gia tri, pu	Goc pha		No.	Gia tri, pu	Goc pha	
1	0.8198	-1.8911		1	0.8186	-1.8977	
2	0.6789	-4.0837		2	0.6768	-4.1048	
3	0.0000	0.0000		3	0.0000	0.0000	
4	0.5283	0.0000		4	0.5283	0.0000	
5	0.5378	-3.0677		5	0.5332	-3.0372	
6	0.8298	-2.8411		6	0.8278	-2.8587	
7	0.9072	-1.4119		7	0.9061	-1.4189	
Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 3				Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 3			
Tu den	-----Gia tri dong dien-----			Tu den	-----Gia tri dong dien-----		
nut nut	Gia tri, pu	Goc pha		nut nut	Gia tri, pu	Goc pha	
G 1	2.7382	-81.4815		1 2	2.7558	-81.5185	
1 2	2.7382	-81.4815		2 3	2.7858	-79.8683	
2 3	2.7920	-80.0417		2 5	0.3421	-78.5714	
2 5	0.3320	-81.2471		3 F	10.4569	-85.8369	
3 F	10.5140	-85.8369		4 3	6.2893	-90.0000	
4 3	6.2893	-90.0000		5 3	1.4641	-78.5616	
5 3	1.4739	-79.0314		6 2	0.3991	-68.4970	
6 2	0.3915	-70.9564		6 5	1.1557	-77.8952	
6 5	1.1422	-78.3876		7 6	1.5484	-76.5938	
G 7	1.5313	-76.4927					
7 6	1.5313	-76.4927					

Như vậy ta thấy kết quả tính toán theo hai phương pháp không có sai khác đáng kể.

14.2. Tính toán ngắn mạch không đối xứng

14.2.1. Khái quát chung về ngắn mạch không đối xứng

Ngắn mạch không đối xứng xảy ra dưới dạng ngắn mạch một pha chạm đất, ngắn mạch hai pha và ngắn mạch hai pha – đất. Dòng điện và điện áp ngắn mạch không đối xứng có 3 thành phần: thứ tự không I^0 , thứ tự thuận I^1 và thứ tự nghịch I^2 . Dòng điện các pha được xác định:

$$\begin{aligned} I_a &= I_a^0 + I_a^1 + I_a^2 \\ I_b &= I_b^0 + I_b^1 + I_b^2 \\ I_c &= I_c^0 + I_c^1 + I_c^2 \end{aligned} \quad (14.4)$$

Có thể biểu thị dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_a^0 \\ I_a^1 \\ I_a^2 \end{pmatrix} \quad (14.5)$$

Trong đó a là toán tử quay: $a = 1\angle 120^\circ$, $a^2 = 1\angle 240^\circ$, $a^3 = 1$.

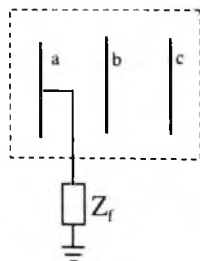
Hay dưới dạng viết gọn:

$$I^{abc} = AI^{012} \quad (14.6)$$

Trong đó A là ma trận chuyển đổi. Khi đã biết các thành phần đối xứng ta dễ dàng xác định được giá trị dòng điện các pha:

$$I^{012} = A^{-1} I^{abc} \quad (14.7)$$

Lưu ý: vì A là ma trận đối xứng, nên: $A^T = A$;



Hình 14.3. Sơ đồ ngắn mạch một pha-đất.

14.2.1.1. Ngắn mạch một pha-đất

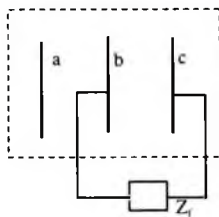
Các thành phần dòng ngắn mạch một pha- đất:

$$I_k^0 = I_k^1 = I_k^2 = \frac{U_k(0)}{Z_{kk}^0 + Z_{kk}^1 + Z_{kk}^2 + 3Z_r} \quad (14.8)$$

Trong đó: Z_{kk}^0 , Z_{kk}^1 , Z_{kk}^2 là các thành phần điện trở thứ tự không, thứ tự thuận và thứ tự nghịch từ nguồn đến điểm ngắn mạch.

Dòng ngắn mạch toàn phần

$$I_k^{abc} = A I_k^{012} \quad (14.9)$$



Hình 14.4. Sơ đồ ngắn mạch hai pha.

14.2.1.2. Ngắn mạch hai pha

Các thành phần dòng ngắn mạch hai pha:

$$I_k^0 = 0$$

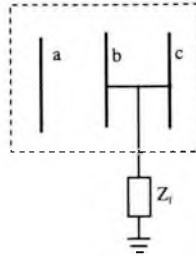
$$I_k^1 = -I_k^2 = \frac{U_k(0)}{Z_{kk}^1 + Z_{kk}^2 + 3Z_r} \quad (14.10)$$

Dòng ngắn mạch pha được xác định tương tự như trên với sự trợ giúp của ma trận A.

14.2.1.3. Ngắn mạch hai pha-đất

Các thành phần dòng ngắn mạch hai pha – đất:

$$I_k^1 = \frac{U_k(0)}{Z_{kk}^1 + \frac{Z_{kk}^2(Z_{kk}^0 + 3Z_r)}{Z_{kk}^2 + Z_{kk}^0 + 3Z_r}} \quad (14.11)$$



Hình 14.5. Sơ đồ ngắn mạch hai pha-đất.

$$I_{kk}^2 = -\frac{U_k(0) - Z_{kk}^1 I_k^1}{Z_{kk}^2} \quad (14.12)$$

$$I_{kk}^0 = -\frac{U_k(0) - Z_{kk}^1 I_k^1}{Z_{kk}^0 + 3Z_f} \quad (14.13)$$

Dòng điện ngắn mạch không đối xứng trong quá trình xảy ra sự cố:

$$I_{ij}^0 = \frac{U_i^0(sc) - U_j^0(sc)}{Z_{ij}^0}; \quad I_{ij}^1 = \frac{U_i^1(sc) - U_j^1(sc)}{Z_{ij}^1};$$

$$I_{ij}^2 = \frac{U_i^2(sc) - U_j^2(sc)}{Z_{ij}^2} \quad (14.14)$$

$$I_{ij}^{abc} = A I_{ij}^{012} \quad (14.15)$$

14.2.2. Chương trình tính toán ngắn mạch không đối xứng

Ngắn mạch không đối xứng được tính toán với sự trợ giúp của các hàm: lgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2,V), Ilfault(zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2,V) và dlgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2,V). Trong đó các chỉ số '0', '2' và '1' biểu thị tương ứng thứ tự không, thứ tự nghịch và thứ tự thuận. Các ma trận zdatai có cấu trúc hoàn toàn giống như ma trận zdata chỉ khác nhau bởi giá trị của các phần tử.

Hàm lgfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch một pha-đất, hàm Ilfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch hai pha và hàm dlgfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch hai pha-đất. Các hàm lgfaul và dlgfault đòi hỏi các ma trận điện trở thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự

không, còn hàm *Ilfault* chỉ đòi hỏi ma trận điện trở thứ tự thuận và thứ tự nghịch. Đối số *V* là tùy ý, nếu nó không được nói tới, thì một cách mặc định, điện áp trước sự cố được coi là có giá trị 1,0 pu. Giá trị phức của *V* được xác định tự động từ các chương trình giải tích mạng điện.

Các ma trận điện trở nút được xác định bởi hàm:

$Z_{bus0} = zbuild(zdata0);$

$Z_{bus1} = zbuild(zdata1);$

$Z_{bus2} = zbuild(zdata2);$

Tương tự như ma trận *zdata*, các ma trận *zdata0*, *zdata1* và *zdata2* là các ma trận 4 cột: Cột 1 là số hiệu nút đầu, cột 2 chứa số hiệu nút cuối, cột 3 và 4 chứa dữ liệu về điện trở tác dụng và phản kháng trong hệ đơn vị tương đối. Trừ máy phát, điện trở thứ tự nghịch của các phần tử bằng điện trở thứ tự thuận, còn điện trở thứ tự không thì phụ thuộc vào cấu trúc của các phần tử. Ma trận điện trở nút cũng có thể được xác định bởi hàm:

$Z_{bus} = zbuildpi(linedata, gendata, yload)$, tương tự như đối với trường hợp ngắn mạch đối xứng đã nói ở trên.

Cũng như trường hợp ngắn mạch đối xứng, hàm *Ilgfault* sẽ nhắc người sử dụng vào số hiệu nút sự cố và điện trở phức quá độ sự cố Z_f .

Ví dụ 14.2. Sơ đồ hệ thống điện ví dụ 14.1 với điện trở của các phần tử cho trong bảng sau:

Phần tử	Điện trở, pu					
	R thứ tự			X thứ tự		
	Thuận	Nghịch	Không	Thuận	Nghịch	Không
Máy phát G1	0	0	0	0.0667	0.0667	0.025
Máy phát G2	0	0	0	0.075	0.075	0.025
Máy phát G3	0	0	0	0.0625	0.0625	0.025
Mba T ₁	0	0	0	0.0525	0.0525	0.0525
Mba T ₂	0	0	0	0.0840	0.0840	0.0840
Mba T ₃	0	0	0	0.0525	0.0525	0.0525
Đường dây Dd1	0.059	0.059	0.059	0.236	0.236	0.578
Đường dây Dd2	0.123	0.123	0.123	0.408	0.408	1
Đường dây Dd3	0.109	0.109	0.109	0.372	0.372	0.911
Đường dây Dd4	0.062	0.062	0.062	0.248	0.248	0.608
Đường dây Dd5	0.089	0.089	0.089	0.354	0.354	0.867

Hãy tính toán ngắn mạch không đối xứng tại nút 3, coi điện trở quá độ $Z_f=0$.

Giai: Trước hết ta thiết lập các ma trận điện trở của các thành phần đối xứng thứ tự thuận '1', thứ tự nghịch '2' và thứ tự không '0' như sau:

```
>> clear
```

```
zdata1=[0 1 0.0000 0.0667
```

```
0 4 0.0000 0.0750
```

```
0 7 0.0000 0.0625
```

```
1 2 0 0.0525
```

```
2 3 0.0590 0.2359
```

```
2 5 0.1225 0.4083
```

```
2 6 0.1089 0.3720
```

```
3 5 0.0885 0.3540
```

```
3 4 0 0.0840
```

```
5 6 0.0620 0.2480
```

```
6 7 0 0.0525];
```

```
zdata2=[0 1 0.0000 0.0667
```

```
0 4 0.0000 0.0750
```

```
0 7 0.0000 0.0625
```

```
1 2 0.00 0.0525
```

```
2 3 0.0590 0.2359
```

```
2 5 0.1225 0.4083
```

```
2 6 0.1089 0.3720
```

```
3 5 0.0885 0.3540
```

```
3 4 0.00 0.0840
```

```
5 6 0.0620 0.2480
```

```
6 7 0.00 0.0525];
```

```
zdata0=[0 1 0.0000 0.0250
```

```
0 4 0.0000 0.0250
```

```
0 7 0.0000 0.0250
```

```
1 2 0 0.0525
```

```
2 3 0.0590 0.578
```

```
2 5 0.1225 1.000
```

```
2 6 0.1089 0.911
```

```
3 5 0.0885 0.6080
```

```
3 4 0 0.0840
```

```
5 6 0.0620 0.8670
```

```
6 7 0 0.0525];
```

```
Zbus0=zbuild(zdata0);
```

```
Zbus2=zbuild(zdata2);
```

```
Zbus1=zbuild(zdata1);
```

```
% Tính toán ngắn mạch một pha -dat
```

```
>> lgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2)
```

Ở đây bạn cũng thực hiện các yêu cầu của máy như đối với bài toán ngắn mạch đối xứng.

Kết quả là:

Ngắn mạch một pha-dat tại nút No. 3

Dòng su cơ tổng = 10.8268 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nút -----Giá trị điện áp-----

No.	Phase a	Phase b	Phase c
-----	---------	---------	---------

1	0.8624	0.9708	0.9824
---	--------	--------	--------

2	0.7368	0.9589	0.9757
---	--------	--------	--------

3	0.0000	1.0006	0.9705
4	0.6043	0.9630	0.9534
5	0.5318	0.9989	0.9928
6	0.8681	0.9687	0.9882
7	0.9314	0.9809	0.9922

Dòng điện trên đường dây khi sự cố tại nút No. 3

Tu nut	den nut	----Giá trị dòng điện ----		
		Phase a	Phase b	Phase c
1	2	2.4253	0.3944	0.3944
2	3	2.3842	0.4912	0.4912
2	5	0.3359	0.0070	0.0070
3	F	10.8268	0.0000	0.0000
4	3	7.1941	0.7321	0.7321
5	3	1.2769	0.2409	0.2409
6	2	0.2989	0.1042	0.1042
6	5	0.9411	0.2353	0.2353
7	6	1.2381	0.3390	0.3390

% b) Tính toán ngắn mạch hai pha

>> llfault(zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2)

Ngắn mạch pha - pha tại nút No. 3

Tổng dòng sự cố = 9.1054 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nut	-----Giá trị điện áp-----		
No.	Phase a	Phase b	Phase c
1	1.0000	0.8818	0.8548

2	1.0000	0.7985	0.7442
3	1.0000	0.5000	0.5000
4	1.0000	0.6777	0.6777
5	1.0000	0.7013	0.6648
6	1.0000	0.8956	0.8549
7	1.0000	0.9416	0.9208

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 3

<i>Tu</i>	<i>den</i>	<i>-----Giá trị dòng điện-----</i>		
<i>nut</i>	<i>nut</i>	<i>Phase a</i>	<i>Phase b</i>	<i>Phase c</i>
1	2	0.0000	2.3714	2.3714
2	3	0.0000	2.4180	2.4180
2	5	0.0000	0.2875	0.2875
3	F	0.0000	9.1054	9.1054
4	3	0.0000	5.4467	5.4467
5	3	0.0000	1.2764	1.2764
6	2	0.0000	0.3390	0.3390
6	5	0.0000	0.9892	0.9892
7	6	0.0000	1.3261	1.3261

% c) Tính toán ngắn mạch hai pha-dat

>> `dlgfault(zdata0, Zbus0, zdata1, Zbus1, zdata2, Zbus2)`

Ngắn mạch hai pha-dat tại nút No. 3

Tổng dòng sự cố = 11.1555 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

<i>Nut</i>	<i>-----Giá trị điện áp-----</i>		
<i>No.</i>	<i>Phase a</i>	<i>Phase b</i>	<i>Phase c</i>

1	0.9498	0.8509	0.8345
2	0.9287	0.7249	0.6966
3	0.9700	0.0000	0.0000
4	0.9074	0.5727	0.5703
5	0.9914	0.5378	0.5317
6	0.9539	0.8625	0.8382
7	0.9716	0.9266	0.9133

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 3

Tu den		-----Giá trị dòng điện-----		
nút	nút	Phase a	Phase b	Phase c
1	2	0.4064	2.5564	2.6270
2	3	0.5061	2.5611	2.6527
2	5	0.0073	0.3323	0.3357
3	F	0.0000	10.5136	10.8399
4	3	0.7543	6.8177	6.7897
5	3	0.2483	1.3600	1.4067
6	2	0.1074	0.3478	0.3593
6	5	0.2424	1.0342	1.0734
7	6	0.3493	1.3769	1.4321

Các chương trình **abc2sc** và **sc2abc** cho phép chuyển đổi hệ thống điện áp và dòng điện pha thành các thành phần đối xứng và ngược lại – từ các thành phần đối xứng thành hệ thống điện áp hoặc dòng điện không đối xứng.

Ví dụ 14.3: Các giá trị điện áp đo được trong mạng điện không đối xứng là $U_a=1.4 \angle 30^\circ$; $U_b=0.9 \angle 190^\circ$; $U_c=1.0 \angle 118^\circ$. Hãy áp dụng chương trình MATLAB xác định các thành phần đối xứng và vẽ đồ thị vector.

Giải: Chương trình Matlab được soạn thảo như sau:

```
>> clear
```

```
Uabc = [1.4 30
```

```
0.9 190
```

```
1.0 118];
```

```
U012 = abc2sc(Uabc); % Cac thanh phan doi xung
```

```
U012p = rec2pol(U012) % Chuyen sang dang toa do cuc
```

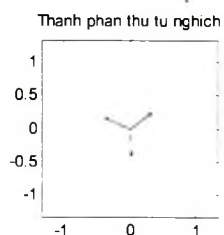
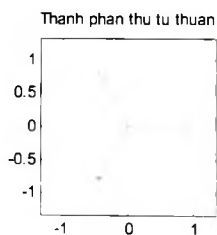
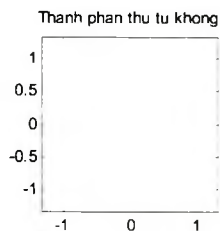
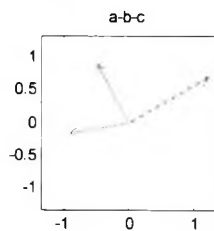
Kết quả nhận được các giá trị và vectơ của thành phần đối xứng:

```
U012p =
```

```
0.4779 95.7383
```

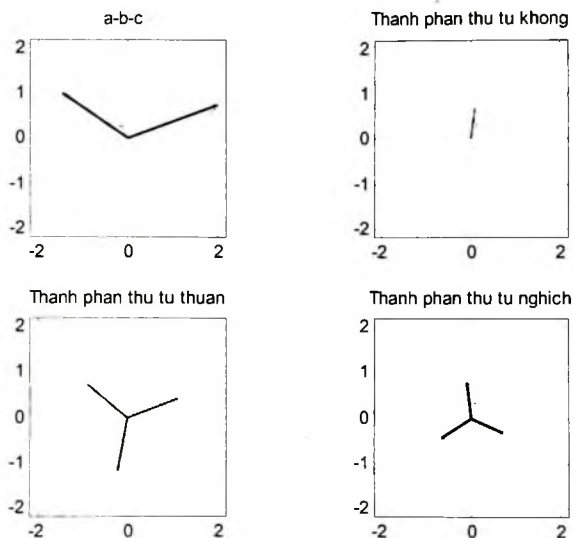
```
0.9301 -0.4998
```

```
0.4038 35.1641
```



Hình 14.6. Biểu đồ vector các thành phần đối xứng và điện áp pha của mạng điện không đối xứng.

Ví dụ 14.4: Hãy áp dụng các lệnh MATLAB xác định giá trị dòng điện các pha của mạch điện không đối xứng, biết các thành phần đối xứng tương ứng là: $I^0 = 0,7 \angle 80^\circ$; $I^1 = 1,2 \angle 20^\circ$; $I^2 = 0,8 \angle -25^\circ$;



Hình 14.7. Biểu đồ vector các thành phần đối xứng và dòng điện các pha của mạch điện không đối xứng.

Giải: Chương trình Matlab được soạn thảo như sau:

```
>> clear
I012 = [0.7  80
        1.2  20
        0.8 -25];
Iabc = sc2abc(I012); % Dòng điện không đối xứng
```

$I_{abcp} = \text{rec2pol}(I_{abc})$ % Chuyển sang tọa độ cực

Kết quả nhận được các giá trị và vector của dòng điện các pha:

$I_{abcp} =$

2.1161 21.0975

0.3424 117.2045

1.7649 145.4140

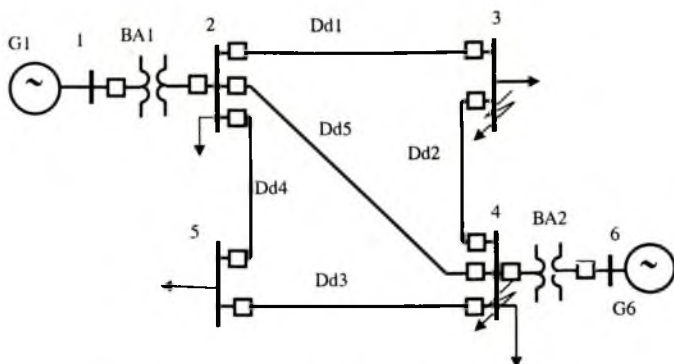
14.3. Bài tập

Bài tập 14.1: Cho mạng điện truyền tải (hình 14.8) dữ kiện về các phần tử mạng điện cho trong bảng bt14.1. Hãy áp dụng các chương trình MATLAB tính toán ngắn mạch tại điểm 3 và điểm 4 theo hai cách (coi điện trở quá độ tại điểm ngắn mạch $Z_r=0$):

- Áp dụng lệnh `symfault(zdata, Zbus)`;
- Áp dụng lệnh `symfault(linedata, Zbus)`.

Bảng bt14.1. Các dữ kiện của các phần tử mạng điện

G1	$S_{mp}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E_\bullet = 1,05$		$x''_d = 0,20$
G6	$S_{mp}=1 \times 350 \text{ MVA}$	$U_n=10,5 \text{ kV}$	$E_\bullet = 1,1$		$x''_d = 0,15$
TBA1	$S_{BA}=1 \times 250 \text{ MVA}$	6,3/115kV			$U_k = 10,5\%$
TBA2	$S_{BA}=1 \times 400 \text{ MVA}$	10,5/115kV			$U_k = 10,5\%$
ĐD 1	$l_1 = 100 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,085$	$b_0 = 2,82 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 2	$L_2 = 75 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,41 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,1$	$b_0 = 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 3	$l_2 = 112 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,08$	$b_0 = 2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 4	$l_4 = 69 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,39 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,065$	$b_0 = 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$
ĐD 5	$L_5 = 132 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$	$x_0 = 0,40 \Omega/\text{km}$	$r_0 = 0,106$	$b_0 = 2,80 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$



Hình 14.8. Sơ đồ hệ thống điện bài tập 14.1.

Bài tập 14.2. Hãy tính toán ngắn mạch không đối xứng (ngắn mạch một pha – đất, hai pha và hai pha – đất) tại các nút 3 và 4 của sơ đồ hệ thống điện bài tập 14.1 (hình 14.8) với điện trở của các phần tử cho trong bảng sau:

Phần tử	Điện trở, pu					
	R thứ tự			X thứ tự		
	Thuận	Nghịch	Không	Thuận	Nghịch	Không
Máy phát G1	0	0	0	0.100	0.100	0.037
Máy phát G2	0	0	0	0.0429	0.0429	0.014
Mba T_1	0	0	0	0.0268	0.0268	0.015
Mba T_2	0	0	0	0.0840	0.0840	0.050
Đường dây Dd1	0.0643	0.0643	0.0643	0.3025	0.3025	0.741
Đường dây Dd2	0.0567	0.0567	0.0567	0.2325	0.2325	0.570
Đường dây Dd3	0.0915	0.0915	0.0915	0.3388	0.3388	0.830
Đường dây Dd4	0.0339	0.0339	0.0339	0.2035	0.2035	0.499
Đường dây Dd5	0.1058	0.1058	0.1058	0.3992	0.3992	0.978

Bài tập 14.3: Các giá trị dòng điện đo được trong mạng điện không đối xứng là $I_a=1.2\angle 36^\circ$; $I_b=0.82\angle 180^\circ$; $I_c=0.7\angle -46^\circ$. Hãy áp dụng chương trình MATLAB xác định các thành phần đối xứng và vẽ đồ thị vectơ

Bài tập 14.4: Hãy áp dụng các lệnh MATLAB xác định giá trị điện áp các pha của mạch điện không đối xứng, biết các thành phần đối xứng tương ứng là:

$$U^0 = 0,8\angle 120^\circ; U^1 = 1,4\angle 40^\circ; U^2 = 0,9\angle -52^\circ.$$

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 14:

Zbuild(Zdata) cho phép thiết lập ma trận điện trở nút Zbus khi biết ma trận Zdata;

Zbus=zbuildpi(linedata, gendata, yload), cho phép thiết lập ma trận điện trở nút Zbus khi biết ma trận linedata, gendata, yload;

symfault(zdata, Zbus, V) dùng để tính toán ngắn mạch đối xứng;

symfault(linedata, Zbus) dùng để tính toán ngắn mạch đối xứng;

lgfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch một pha-đất,

Ilfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch hai pha;

dlgfault dùng để tính toán và phân tích sự cố ngắn mạch hai pha-đất.

abc2sc và sc2abc cho phép chuyển đổi hệ thống điện áp và dòng điện pha thành các thành phần đối xứng và ngược lại.

Thiết kế cung cấp điện

15.1. Chọn tiết diện dây dẫn

Tiết diện dây dẫn của mạng điện phân phối được chọn theo phương pháp hao tổn điện áp cho phép theo biểu thức:

$$F = \frac{10^3 \sum_{i=1}^m P_i l_i}{\gamma U \Delta U_R}; \text{ mm}^2 \quad (15.1)$$

Trong đó:

ΔU_R – thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép, V;

P_i – công suất tác dụng trên đoạn dây thứ i , kW;

l_i – chiều dài đoạn dây thứ i , km;

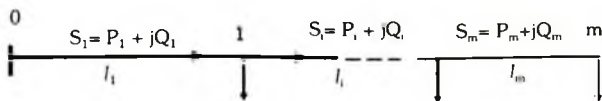
U – điện áp của mạng điện, thường lấy bằng giá trị định mức, kV.

γ – điện dẫn suất ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$). Với dây đồng $\gamma_{\text{cu}}=54$; với dây nhôm $\gamma_{\text{Al}}=32$; dây nhôm lõi thép $\gamma_{\text{AC}}=31,5$ ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$).

Theo phương pháp chi phí kim loại màu cực tiểu, tiết diện đoạn dây cuối cùng (đoạn thứ m) được xác định theo biểu thức:

$$F_m = \frac{\sqrt{P_m}}{\gamma U \Delta U_R} \sum_{i=1}^m l_i \sqrt{P_i}; \quad (15.2)$$

P_m – công suất tác dụng trên đoạn dây cuối cùng (thứ m), kW; \



Hình 15.1. Đường dây không phân nhánh.

Khi đã biết tiết diện của đoạn dây cuối cùng thì tiết diện của các đoạn dây khác được xác định theo biểu thức:

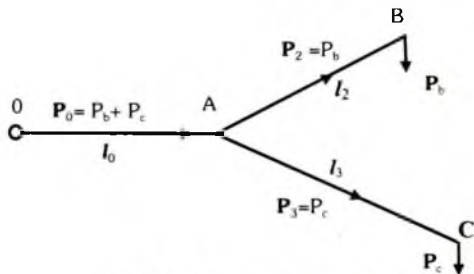
$$F_i = F_m \sqrt{\frac{P_i}{P_m}}; \quad (15.3)$$

Đối với đường dây phân nhánh, tiết diện đoạn dây chung là:

$$F_g = \frac{M_0}{\gamma \cdot \Delta U_{R0} U} = \frac{P_0 l_0}{\gamma \cdot \Delta U_{R0} U} \quad (15.4)$$

Với

ΔU_{R0} – thành phần tác dụng của hao tổn điện áp trên đoạn dây chung:



Hình 15.2. Đường dây phân nhánh.

$$\Delta U_{R0} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n M_i l_i}{M_0 l_0}}} \quad (15.5)$$

M_i – mômen tải trên đoạn dây thứ i .

Chọn tiết diện dây dẫn là bài toán có nhiều phương án lựa chọn, trong quá trình giải cần bổ sung các dữ kiện tùy thuộc vào kết quả tính toán của các bước tính trước đó. Các dữ liệu bổ sung này được cho vào với sự trợ giúp của lệnh input. Để tiện lập trình, trước hết cần thiết lập mảng dữ kiện ban đầu **dlcd** gồm 6 tham số:

dlcd=[U,l,P,Q,gam,dU];

Trong đó:

U – điện áp, kV; l – chiều dài đường dây, km; P, Q – công suất tác dụng và phản kháng, kW và kVAR; gam – điện dẫn suất của vật liệu dẫn; dU – hao tổn điện áp cho phép, %.

Trong quá trình giải, căn cứ vào kết quả tính toán tiết diện dây dẫn F, mà được hiển thị trên màn hình, ta gõ mã hiệu dây có tiết diện gần nhất, ngay sau dòng nhắc lệnh input. Nếu kết quả cuối cùng $dU_t > dU_{cp}$, thì cần chọn lại dây dẫn lớn hơn và bài toán kết thúc khi điều kiện $dU_t < dU_{cp}$ được đảm bảo. Trong trường hợp bạn muốn chọn đường dây mạch kép thì cần thêm chỉ số k vào trước mã hiệu dây, ví dụ chọn dây 2xA240, thì gõ vào vị trí chờ kA240.

Ví dụ 15.1. Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây trung áp 22 kV dài 18,75 km, biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,5\%$; công suất truyền tải $S = 692 + j519$ kVA, dự kiến dùng dây thép nhôm ($\gamma = 31,5$ m/ $\Omega \cdot \text{mm}^2$).

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
DdU22;
U=22; l=18.5; P=692; Q=519; gam=31.5; dU=2.5;
dlcd=[U,l,P,Q,gam,dU];
xo=0.4;
dUcp=dlcd(1)*dlcd(6)*10^3/100
dUx=dlcd(4)*xo*dlcd(2)/dlcd(1);
dUr=dUcp-dUx;
F=dlcd(3)*dlcd(2)*10^3/(dlcd(5)*dUr*dlcd(1))
```

F1=input('Chon day = ') % Neu chua co file **DdU22** thi go r0+jx0 day chon

F2=input('Tiet dien day = ') % Go tiet dien day chon, mm2

dUt=(dlcd(3)*real(F1)+dlcd(4)*imag(F1))*dlcd(2)/dlcd(1);

Fc=F2;

disp('Ket qua la:')

disp('Fc dUt dUcp')

fprintf('%g'), disp([Fc, dUt, dUcp]);

Trong quá trình giải, máy cho kết quả và thông báo cần chọn mã hiệu dây:

$F =$

49.2061

Chon day =

Ta gõ AC50, (chú ý, nếu máy bạn chưa có file DdU22, thì cần gõ suất điện trở phức của dây dẫn A50, tức là gõ 0.65+J*0.405), khi đó máy tính tiếp và thông báo:

Tiet dien day =

Ta gõ tiết diện dây đã chọn, tức là 50. Cuối cùng kết quả lựa chọn và tính toán hiển thị trên màn hình như sau:

Ket qua la:

Fc dUt dUcp

50.0000 554.9958 550.0000

Có nghĩa là nếu ta chọn dây dẫn AC50, thì hao tổn điện áp thực tế sẽ là $\Delta U_i = 554.996$ V, hơi lớn hơn giá trị cho phép một chút nhưng không đáng kể. Nếu ta chọn lại bằng dây AC70 thì kết quả sẽ là :

Fc dUt dUcp

70.0000 440.0688 550.0000

Ở đây giá trị hao tổn điện áp tính toán nhỏ hơn nhiều so với giá trị cho phép, vì vậy có thể dẫn đến giảm hiệu quả kinh tế của đường dây. Bài toán này có thể được giải bằng cách gọi lệnh **chonF(dlcd)** đã lưu trong máy với cú pháp như sau:

```
>> clear
U=22; l=18.5; P=692; Q=519; gam=31.5; dU=2.5;
dlcd=[U,l,P,Q,gam,dU];
chonF(dlcd);
```

Kết quả nhận được cũng giống như trên. Đối với mạng điện phân nhánh, thì việc lựa chọn tiết diện dây dẫn phức tạp hơn một chút, do phải xác định hao tổn điện áp cho phép trên từng nhánh dây. Chúng ta xét bài toán cụ thể sau.

Ví dụ 15.2: Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện hạ áp $U=0,38\text{kV}$ (hình 15.3), theo phương pháp chi phí kim loại màu cực tiểu, biết hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp}=8,5\%$. Các phụ tải và chiều dài đường dây cho trong bảng sau :

Đoạn	ab	bc	bd
l, km	0,23	0,37	0,29
Điểm tải	B	C	D
S, kVA	28+j23	19+j12,7	26,7+j18,5

Dự định chọn dây nhôm với $\gamma = 32 \text{ m.mm}^2/\Omega$.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
DdU04:
l=[0.23, 0.37, 0.29];
S=[28+j*23, 19+j*12.7, 26+j*18.5];
U=0.38; gam=32; xo=0.38; dUpt=8.5;
Sab=sum(S);
dUxab=xo*imag(Sab)*l(1);
dUxbc=xo*imag(S(2))*l(2);
```

$dU_{xbd}=x_0 \cdot \text{imag}(S(3)) \cdot l(3);$

$dU_{xf}=[dU_{xbc}, dU_{xbd}];$

$dU_x=dU_{xab}+\max(dU_{xf});$

$dU_{cp}=U \cdot dU_{pt} \cdot 10;$

$dU_r=dU_{cp}-dU_x;$

$M_{ab}=\text{real}(S_{ab}) \cdot l(1);$

$M_{bc}=\text{real}(S(2)) \cdot l(2);$

$M_{bd}=\text{real}(S(3)) \cdot l(3);$

$dU_{rab}=dU_r/(1+\sqrt{(M_{bc} \cdot l(2)+M_{bd} \cdot l(3))/(M_{ab} \cdot l(1))});$

$F_{ab}=\text{real}(S_{ab}) \cdot l(1) \cdot 10^3/(\text{gam} \cdot U \cdot dU_{rab})$

$F1=\text{input}(\text{'Chon ma hieu day A = '});$

$F1d=\text{input}(\text{'Go tiet dien day Fab = '});$

$F_{ab}=F1d;$

$dU_{abr}=\text{real}(S_{ab}) \cdot \text{real}(F1) \cdot l(1)/U;$

$dU_{bcr}=dU_r-dU_{abr};$

$F_{bc}=\text{real}(S(2)) \cdot i(2) \cdot 10^3/(\text{gam} \cdot U \cdot dU_{bcr})$

$F2=\text{input}(\text{'Chon ma hieu day A = '});$

$F2d=\text{input}(\text{'Go tiet dien day Fbc = '});$

$F_{bc}=F2d;$

$F_{bd}=\text{real}(S(3)) \cdot l(3) \cdot 10^3/(\text{gam} \cdot U \cdot dU_{bcr})$

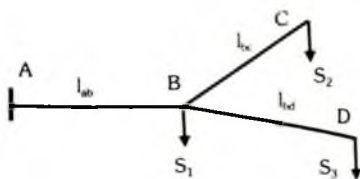
$F3=\text{input}(\text{'Chon ma hieu day A = '});$

$F3d=\text{input}(\text{'Go tiet dien day Fbd = '});$

$F_{bd}=F3d;$

$dU_{abt}=(\text{real}(S_{ab}) \cdot \text{real}(F1)+\text{imag}(S_{ab}) \cdot \text{imag}(F1)) \cdot l(1)/U;$

$dU_{bct}=(\text{real}(S(2)) \cdot \text{real}(F2)+\text{imag}(S(2)) \cdot \text{imag}(F2)) \cdot l(2)/U$



Hình 15.3. Sơ đồ mạng điện ví dụ 15.2.


```
dUbd=(real(S(3))*real(F3)+imag(S(3))*imag(F3))*l(3)/U
```

```
dUbt=[ dUbct, dUbd];
```

```
dU= dUabt+max(dUbt);
```

```
disp('Ket qua la:')
```

```
disp(' Fab Fbc Fbd dU dUcp')
```

```
fprintf('%g'), disp([Fab, Fbc, Fbd,dU, dUcp])
```

Khi chạy chương trình, trong quá trình giải ta nhận được kết quả đầu tiên là:

Fab =

115.3295

Đồng thời máy thông báo:

Chon ma hieu day A =

Từ số liệu tính toán được thông báo *Fab*=115.3295 ta có thể chọn dây A120, tức là cần gõ mã hiệu dây dẫn A120 vào vị trí chờ, khi đó máy thông báo tiếp :

Go tiet dien day Fab =

Ở đây ta chỉ gõ tiết diện dây vào vị trí chờ, tức là gõ số 120, khi đã gõ xong và ấn enter ta lại sẽ nhận được dòng thông báo là:

Fbc =

42.5264

Chon ma hieu day A =

Ta gõ mã hiệu dây A50 vào vị trí chờ. Tiếp theo, tương tự như trên sẽ có thông báo gõ tiết diện dây vừa chọn :

Go tiet dien day Fab =

Lần này ta cùng chỉ gõ số 50 để nhận thông báo tiếp:

Fbd =

45.6116

Chon ma hieu day A = AC50

Ta thực hiện các thao tác tương tự như trên:

Go tiet dien day $F_{ab} = 50$

Kết quả cuối cùng hiển thị trên màn hình là:

Ket qua la:

F_{ab}	F_{bc}	F_{bd}	dU	dU_{cp}
120.0000	50.0000	50.0000	38.9882	32.3000

Ở đây ta thấy hao tổn điện áp tính toán $\Delta U = 38,998V$, lớn hơn giá trị cho phép $\Delta U_{cp} = 32,3 V$, do đó ta cho chương trình thực hiện lần thứ hai. Lần này ta chọn :

$F_{ab} = A150$; $F_{bc} = A70$ và $F_{bd} = A70$. Kết quả hiển thị trên màn hình lúc này như sau:

Ket qua la:

F_{ab}	F_{bc}	F_{bd}	dU	dU_{cp}
150.0000	70.0000	70.0000	32.2963	32.3000

Như vậy với các tiết diện dây đã chọn hao tổn điện áp tính toán sẽ gần bằng giá trị cho phép, bài toán đạt yêu cầu.

15.2. Chọn cấp điện áp tối ưu của lưới phân phối

Chi phí quy dẫn (hay quy đổi) được xác định theo biểu thức:

$$= p.V + C ; \quad (15.6)$$

Trong đó:

V – tổng vốn đầu tư thiết bị, đ.;

C – tổng chi phí thường niên, đ/năm;

p – hệ số hiệu quả sử dụng và khấu hao thiết bị:

$$p = a_{ic} + k_{kh} \quad (15.7)$$

k_{kh} – hệ số khấu hao thiết bị;

a_{ic} - hệ số tiêu chuẩn sử dụng hiệu quả vốn đầu tư, xác định theo biểu thức:

$$a_{ic} = \frac{i(1+i)^{T_h}}{(1+i)^{T_h} - 1}; \quad (15.8)$$

T_h - tuổi thọ của công trình, năm;

i - hệ số chiết khấu, được xác định phụ thuộc vào lãi suất sản xuất, tỷ lệ lạm phát và lãi suất ngân hàng, đối với ngành điện thường lấy $i = 0,1 \div 0,2$.

Vốn đầu tư của các phần tử hệ thống điện có thể được xác định theo các chỉ tiêu kinh tế:

- Đối với đường dây: $V_d = (a + bF) \cdot l$; (15.9)

- Đối với trạm biến áp: $V_b = m + nS_b$. (15.10)

Trong đó:

a, m - các hệ số kinh tế cố định của đường dây và trạm biến áp;

b, n - các hệ số kinh tế thay đổi của đường dây và trạm biến áp;

F, S_b - tiết diện dây dẫn và công suất định mức của máy biến áp.

Các tham số kinh tế của đường dây (a, b) và trạm biến áp (m, n) có thể tra bằng lệnh *tsoktedd* và lệnh *tsoktetba*. Khi các lệnh này được gõ và ấn enter, thì sẽ có dòng thông báo vào dây dẫn hoặc máy biến áp ở cấp điện áp và sau khi thông tin đã được khai báo, thì kết quả về các tham số kinh tế sẽ hiển thị trên màn hình. Ví dụ nếu bạn cần tra các hệ số kinh tế của đường dây 22 kV, thì cần gõ lệnh:

>> tsoktedd

Sau khi ấn enter thì sẽ có dòng thông báo xuất hiện dưới dạng:

Go ma hieu day dan giua cac dau phay tren ('')->

Bạn cần gõ tiếp lệnh **DdU22** vào giữa hai dấu phẩy trên (') tại vị trí chò, khi đó kết quả tra số liệu được hiển thị trên màn hình:

$$\begin{array}{cc} a & b \\ 10^6 d & 10^6 d / \text{mm}^2 \\ 198.75 & 1.09 \end{array}$$

Nếu bạn muốn tra số liệu kinh tế của trạm biến áp phân phối 10 kV, thì bạn cần gõ lệnh **tsoktetba**, sau khi ấn enter thì sẽ có dòng thông báo xuất hiện dưới dạng:

Go ma hieu MBA giua cac dau phay tren (')->

Bạn gõ 'BAU10' tại vị trí chỏ, khi đó kết quả tra số liệu được hiển thị trên màn hình:

$$\begin{array}{cc} m & n \\ 10^6 d & 10^6 d / \text{kVA} \\ 19 & 0.18 \end{array}$$

Nếu như chưa có các chương trình **tsoktedd** và lệnh **tsoktetba** cài trước trong máy, thì bạn cần bổ sung trên cơ sở số liệu của các phụ lục thiết kế cung cấp điện.

Tổng chi phí tính toán của hệ thống điện gồm h đường dây và k trạm biến áp được xác định theo biểu thức:

$$Z = \sum_i [p_d(a + bF).l + C_d] + \sum_k [p_B(m + nS_b) + C_B] = \min; \quad (15.11)$$

Phương án có tổng chi phí quy dẫn nhỏ nhất sẽ là phương án tối ưu. Ở nước ta các phương án sử dụng cấp điện áp phân phối sau đây được coi là cạnh tranh: 110/35/10/0,4 kV; 110/35/15/0,4; 110/35/0,4; 110/22/0,4; 110/10/0,4. Để so sánh các phương án, ta biểu thị hàm chi phí Z phụ thuộc vào bán kính cấp điện r sau đó đặt: $Z_1 = Z_2$ và $Z_2 = Z_3$. Từ đó giải các phương trình để xác định vùng giới hạn sử dụng của các cấp điện áp. Ta xét một số ví dụ cụ thể:

Ví dụ 15.3: Hãy xác định chi phí quy dẫn của đường dây 22 kV có chiều dài $l=23,5$ km làm bằng dây AC.50. Các tham số kinh tế của đường dây $a_{22}=194,6.10^6 \text{ VND/km}$ và $b_{22}=1,11.10^6 \text{ VND/km.mm}^2$; hệ số khấu hao đường dây $k_{kh}=4\%$; Công suất truyền tải trên đường dây là $S=1340 \text{ kVA}$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\text{vt}}=4760 \text{ h}$, giá thành tổn thất $c_3=1000 \text{ đ/kWh}$. Tuổi thọ công trình $T_h=25$ năm, hệ số chiết khấu $i=0,1$.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
```

```
DdU22;
```

```
U=22; a=194.6; b=1.11; F=50; cd=0.001; Th=25; ii=0.1; Tm=4760; l=23.5;
```

```
S=1340; kkhd=0.04;
```

```
I=S/(sqrt(3)*U); % Giá trị dòng điện
```

```
atc=(ii*(1+ii)^Th)/((1+ii)^Th-1); % Hệ số tiêu chuẩn sử dụng von
```

```
pd=atc+kkhd;
```

```
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760; % Thời gian hao tổn cực đại
```

```
R=real(AC50)*l; % Điện trở tác dụng của đường dây
```

```
Vd=(a+b*F)*l; % Von đầu tư đường dây
```

```
Cd=3*I^2*R*to*cd*10^-3; % Chi phí tổn thất trên đường dây
```

```
Zd=pd*Vd+Cd; % Chi phí quy đổi của đường dây
```

```
disp('Zd, 10^6 VND/năm');
```

```
fprintf('%7.2f'), disp([Zd])
```

Kết quả nhận được là:

```
Z22, 10^6 VND/năm
```

```
1061.30
```

Như vậy tổng chi phí quy đổi của đường dây 22 kV là 1061,30 triệu đồng/năm.

Ví dụ 15.4: Hãy xác định chi phí quy đổi của trạm biến áp 22/0,4 kV có công suất định mức $S_n=500$ kVA, công suất của phụ tải là $S=387$ kVA; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=4760$ h, giá thành tổn thất $c_\Delta=1000$ đ/kWh; Tuổi thọ trạm biến áp $T_h=25$ năm, hệ số chiết khấu $i=0,1$. Các tham số kinh tế: $m=24,18 \cdot 10^6$ VND, $n=0,18 \cdot 10^6$ VND/kVA, hệ số khấu hao máy biến áp $k_{khb}=6,5\%$.

Giải: Trước hết để tra số liệu của máy biến áp 500 kVA 22/0,4 kV ta gõ lệnh:

```
>> BA22;
```

BA500

Go ma hieu may BA giua cac dau phay tren (')->

Bạn cần gõ mã hiệu máy giữa hai dấu phẩy trên vào vị trí chờ 'BA500'. Khi đó sẽ nhận được kết quả:

S_n	$dP0$	dPK	Uk	IO	R	X
kVA	kW	kW	pt	pt	(pu)	(pu)
500	1.00	7.00	4	5.5	0.014	0.037

Trường hợp chưa có file dữ liệu của máy biến áp được nạp trong máy, thì cần tra phụ lục để có các dữ kiện như trên. Chương trình MATLAB xác định chỉ phí quy dẫn của trạm biến áp được soạn thảo như sau:

```
>> clear
```

```
U=22; Sn=500; m=24.18; n=0.18; cd=0.001; Th=25; ii=0.1; Tm=4760;  
Spt=387; kkhb=0.065;
```

```
dPo=1; dPk=7; t=8760;
```

```
atc=(ii*(1+ii)^Th)/((1+ii)^Th-1);
```

```
pb=atc+kkhb;
```

```
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
```

```
kmt=Spt/Sn;
```

```
Vb=m+n*Sn; % Von dau tu MBA
```

```
Cb=(dPk* kmt^2*to + dPo*t)*cd; % Chi phi ton that trong MBA
```

```
Zb=pb*Vb+Cb; % Chi phi quy dan cua MBA
```

```
disp('Zb, 10^6 VND/nam');
```

```
fprintf('%7.2f'), disp([Zb])
```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

```
Zb, 10^6 VND/nam
```

```
41.99
```

Tức là tổng chi phí quy đổi của trạm biến áp là 41,99 triệu VND/năm.

Ví dụ 15.5: Hãy so sánh các phương án chọn cấp điện áp phân phối để cung cấp điện cho một điểm tải công suất $S = 722 + j385$ kVA; Chiều dài từ trạm biến áp trung gian đến trung tâm tải là 18 km; Hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4760$ h, giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 1000$ đ/kWh. Tuổi thọ của mạng điện coi bằng $T_h = 25$ năm, hệ số chiết khấu $i = 0,1$. Các tham số kinh tế của máy biến áp và đường dây được cho trong bảng sau:

U, kV	m, 10 ⁶ đ	n, 10 ⁶ đ/kVA	a, 10 ⁶ đ/km	b, 10 ⁶ đ/km.mm ²
10	19,04	0,18	158,01	0,89
22	24,18	0,18	194,6	1,11
35	34,34	0,20	228,19	1,28

Giải: Trước hết cần xác định tiết diện của đường dây theo chương trình ví dụ 15.1. tương ứng với các cấp điện áp 10; 22 và 35 kV.

>> clear all

DdU10; DdU22; DdU35;

U=10 ;

l=18; P=722; Q=385; gam=31.5; dU=5;

dldc=[U,l,P,Q,gam,dU];

chonF(dldc);

Kết quả nhận được như sau:

PA	Fc	dUt	dUcp
10	185.00	487.04	500.00
22	35.00	637.25	1100.00
35	35.00	400.56	1750.00

Đối với các phương án 22 và 35 kV, do điều kiện độ bền cơ học nên tiết diện dây không thể chọn nhỏ hơn 35 mm², bởi vậy ở các phương án này hao tổn điện áp thực tế nhỏ hơn nhiều so với các giá trị cho phép.

Nếu không có phụ lục, thì bạn có thể tra số liệu về các máy biến áp bằng lệnh BA10, BA22 và BA35 và gõ mã máy tương ứng giữa các dấu phẩy trên (trong trường hợp này là 'BA1000'). Kết quả nhận được bằng số liệu sau:

U_{Sn}	$DP0$	DPK	U_k	$I0$	R	X
kV	kVA	kW	kW	pt	pt	$(pu) (pu)$
10	1000	1.75	13.00	5.5	5.0	0.013 0.053
22	1000	1.75	13.0	5.0	5.0	0.013 0.048
35	1000	1.90	13.0	6.5	5.5	0.013 0.064

Chương trình MATLAB được soạn thảo để xác định các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của các phương án như sau:

```
>> clear
format bank
U =[10 22 35];
m =[19.04 24.18 34.34];
n =[0.18 0.18 0.2];
dPo =[1.75 1.75 1.90];
dPk =[13 13 13];
a =[158.01 194.6 228.19];
b =[0.89 1.11 1.28];
DdU10; DdU22; DdU35;
Z=[AC185 AC35 AC35];
F=[185 35 35];
Sb=1000; cd=0.001; Th=25; ii=0.1; Tm=4760; kkhb=0.065;
t=8760; l=18; kkhd=0.04; P=722; Q=385;
atc=(ii*(1+ii)^Th)/((1+ii)^Th-1);
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
```



```

pb=atc+kkhb;
pd=atc+kkhd;
Spt=sqrt(P^2+Q^2);
kmt=Spt/Sb;
Vb=m+n*Sb;
Cb=(dPk* kmt^2*to + dPo*t)*cd;
Zb=pb*Vb+Cb;
R=real(Z).*I;
I=Spt./(sqrt(3).*U);
Vd=(a+b.*F).*I;
Cd=I.^2.*3.*R*to*cd*10^-3;
Zd=pd.*Vd+Cd;
Ztong=Zb+Zd;
disp('Chi phi quy doi 10^6 VND');
disp('Zb');
fprintf('%7.2f'), disp([Zb])
disp('Zd');
fprintf('%7.2f'), disp([Zd])
disp('Ztong');
fprintf('%7.2f'), disp([Ztong])

```

Kết quả hiển thị trên màn hình là:

Chi phi quy doi 10^6 VND

Zb

<i>77.64</i>	<i>78.54</i>	<i>85.14</i>
--------------	--------------	--------------

Zd

936.77 697.76 764.27

Z_{total}

1015.41 776.31 849.41

Ứng với cột thứ nhất, thứ hai và thứ ba là chi phí quy dẫn của các cấp điện áp 10, 22 và 35 kV. Các số liệu tính toán cho thấy chi phí quy dẫn của trạm biến áp 10/0,4kV có giá trị thấp nhất, nhưng chi phí quy dẫn của đường dây 10 kV lại cao nhất. Tổng chi phí quy dẫn của phương án 22 kV có giá trị nhỏ nhất ($Z_{22} = 776.31.10^6$ VND), do đó cấp điện áp 22 kV sẽ là cấp tối ưu đối với mạng điện xét.

15.3. Chọn trạm biến áp

15.3.1. Vị trí tối ưu của trạm biến áp

Vị trí trạm biến áp được chọn theo tâm tải

$$X = \frac{\sum x_i P_i}{\sum P_i}; \quad Y = \frac{\sum y_i P_i}{\sum P_i}; \quad (15.12)$$

Trong đó:

x_i, y_i - Tọa độ của điểm tải thứ i ;

P_i - Công suất của điểm tải i ;

X, Y - Tọa độ của trạm biến áp phân phối.

Ví dụ 15.6. Xác định vị trí tối ưu của trạm biến áp, biết tọa độ và công suất (kVA) của các điểm tải như sau:

X	29	6	63	220	180	138	48	110	210	167	220	100
Y	157	69	73	210	84	134	106	75	117	187	48	230
S	54,2	52,4	50,2	51	67	31	50,1	42,3	26,3	33,8	33,2	47,5

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
```

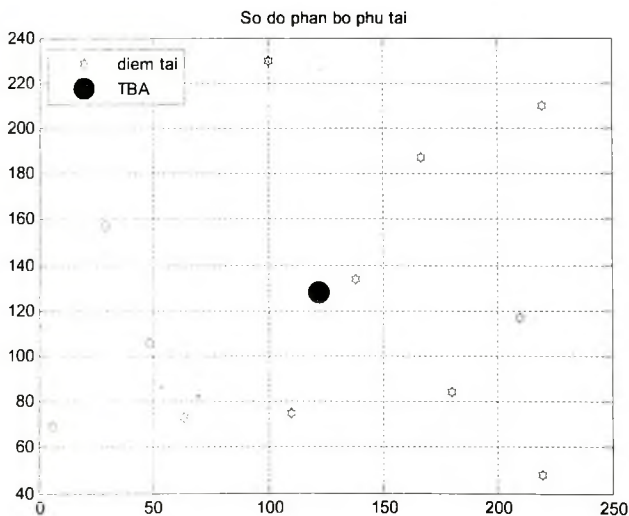
```
x=[29 6 63 220 180 138 48 110 210 167 220 100];
```

```

y=[157 69 73 210 84 134 106 75 117 187 48 230];
S=[54.2 52.4 50.2 51.67 31 50.1 42.3 26.3 67 33.8 33.2 47.5];
Xb=sum(x.*S)./sum(S);
Yb=sum(y.*S)./sum(S);
plot(x,y,'h', Xb,Yb,'O'), grid
title('So do phan bo phu tai');
legend('diem tai; TBA');

```

Kết quả nhận được:



15.3.2. Chọn số lượng và công suất máy biến áp

Chọn số lượng và công suất tối ưu của máy biến áp được thực hiện trên cơ sở cực tiểu hóa hàm chi phí:

$$Z = pV_B + c_A \Delta A + Y, \quad (15.13)$$

Trong đó:

V_B – vốn đầu tư máy biến áp;

p – hệ số sử dụng tiêu chuẩn và khấu hao thiết bị;

Y – thiệt hại do mất điện.

$$Y = g_{th} A_{th} = g_{th} P_{th} t_f \quad (15.14)$$

g_{th} – đơn giá thiệt hại do mất điện, đồng/kWh, đối với các xí nghiệp công nghiệp có thể lấy $g_{th} = 5000 + 25000 \text{ đ/kWh}$;

A_{th} – điện năng thiếu hụt do mất điện trong năm, kWh;

P_{th} – công suất thiếu hụt trong thời gian mất điện t_f ;

t_f – thời gian mất điện trung bình hàng năm.

Việc áp dụng MATLAB có thể được thực hiện theo các phương thức khác nhau: Thứ nhất là soạn thảo chương trình giải bài toán theo trình tự tìm nghiệm như đã biết; Thứ hai là áp dụng các hàm có sẵn. Cách thứ hai đơn giản và thuận tiện hơn, nhưng không phải phiên bản MATLAB nào cũng có các hàm này. Ta xét ví dụ với hai cách giải sau:

Ví dụ 15.7. Một xí nghiệp sản xuất có công suất tính toán năm hiện tại là $S_0=358\text{kVA}$, suất tăng phụ tải trung bình hàng năm là $a=6,5\%$, hàm dự báo dạng tuyến tính theo thời gian: $S_t=S_0(1+a.(t-t_0))$; hệ số công suất coi là không đổi và bằng $\cos\varphi=0,85$ trong đó phụ tải loại I và II chiếm 72% ($m_{1-2} = 0,72$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4250 \text{ h}$. hệ số chiết khấu $i = 0,1$; giá thành tổn thất điện năng $c_3 = 1000 \text{ đ/kWh}$; suất thiệt hại do mất điện $g_{th}=5000 \text{ đồng/kWh}$. chu kỳ tính toán $T=7$ năm. Hãy chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 kV cung cấp cho xí nghiệp.

Giải:

Trước hết ta cần xác định phụ tải dự báo năm thứ 7 với cú pháp:

```
>> clear
```

```
t=1:7; td=1 ;
```

$$St=378. \cdot (1+ 0.065. \cdot (t-td)) ;$$

$$S7=S_t(7)$$

Kết quả nhận được là:

$$S7 = 525.42;$$

Như vậy ở đây ta có ba phương án lựa chọn xây dựng trạm biến áp là :
2x250 ; 1x500 và 1x630 kVA. Việc xác định chi phí quy dẫn của các phương án được thực hiện theo các phương pháp sau:

a) *Cách thứ nhất:* soạn thảo chương trình MATLAB:

```
>> clear
```

```
cd=0.001; gth=0.005; p=0.2; cofi=0.85; ii=0.1; tf=24;
```

```
m12=0.72 ; P0=378 ; a=0.065 ; Tm=4250 ;
```

```
Sba1=250; dPo1=0.64; dPk1=4.1; n1=2; Vba1= 166;
```

```
Sba2=500; dPo2=1.00; dPk2=7.0; n2=1; Vba2= 123;
```

```
Sba3=630; dPo3=1.20; dPk3=8.2; n3=1; Vba3= 133;
```

```
to=(0.124+Tm*10^-4)^2*8760;
```

```
t=1:7;
```

```
bet=1/(1+ii);
```

```
St= P0. \cdot (1+ a. \cdot (t-1));
```

```
dA1=n1*dPo1*8760+dPk1/n1. \cdot (St/Sba1).^2*to;
```

```
C1=dA1.*cd;
```

```
Sth=m12.*St;
```

```
Z1=p*Vba1+C1;
```

```
Z1t=Z1.*bet.^t;
```

```
dA2=n2*dPo2*8760+dPk2/n2. \cdot (St/Sba2).^2*to;
```

```
C2=dA2.*cd;
```

```
Y2=gth.*Sth.*cofi*tf;
```

```

Z2=p*Vba2+C2+Y2;
Z2t=Z2.*bet.^t;
dA3=n3*dPo3*8760+dPk3/n3.*(St/Sba3).^2*to;
C3=dA3.*cd;
Y3=gth.*Sth.*cofi*tf;
Z3=p*Vba3+C3+Y3;
Z3t=Z3.*bet.^t;
Zt1=sum(Z1t);
Zt2=sum(Z2t);
Zt3=sum(Z3t);
Zt=[Zt1 Zt2 Zt3];
disp('Ket qua la:')
disp('Zt1    Zt2    Zt3')
fprintf('%g'), disp([Zt1,Zt2,Zt3])
Ztu=min(Zt)

Ket qua hiển thị trên màn hình:

Ket qua la:

Zt1      Zt2      Zt3

299.74   391.88   391.46

Ztu =

299.74

```

Kết quả tính toán cho thấy phương án dùng hai máy 2x250 kVA có tổng chi phí quy dẫn thấp nhất. Đó chính là phương án lựa chọn tối ưu đối với trạm biến áp.

b) *Cách thứ hai:* áp dụng chương trình **chonmba** được cài sẵn trước trong **power system toolbox**. Để áp dụng lệnh trong power system toolbox, trước hết bạn cần thiết lập các ma trận dữ liệu:

```

>> cd=0.001; gth=0.005; p=0.2; cofi=0.85; ii=0.1; tf=24;
m12=0.72 ; P0=378 ; a=0.065 ; Tm=4250 ;
Sba1=250; dPo1=0.64; dPk1=4.1; n1=2; Vba1= 166;
Sba2=500; dPo2=1.00; dPk2=7.0; n2=1; Vba2= 123;
Sba3=630; dPo3=1.20; dPk3=8.2; n3=1; Vba3= 133;
BA=[Sba1 dPo1, dPk1, n1, Vba1;
    Sba2, dPo2, dPk2, n2, Vba2;
    Sba3, dPo3, dPk3, n3, Vba3];
dulieucba=[cd, gth, p, cofi, ii, tf];
phutai=[m12, P0, a, Tm];
[Zt1,Zt2,Zt3] = chonmba(BA,dulieucba,phutai);

```

Kết quả tính toán của hai phương pháp cho thấy không có sự sai khác đáng kể nào. Nếu không xét đến độ tin cậy, tức là coi thiệt hại do mất điện bằng zero, thì kết quả tính toán của các phương án sẽ là:

<i>Zt1</i>	<i>Zt2</i>	<i>Zt3</i>
299.74	233.71	233.28

Ztu =

233.28

Có nghĩa là phương án lựa chọn ở đây không phải là hai máy 250, mà là một máy 630 kVA.

15.4. Tính toán nối đất

Quá trình tính toán nối đất theo $R_{\Sigma c}$ đối với khu vực có đất đồng nhất được thực hiện theo các bước sau:

Xác định điện trở yêu cầu của hệ thống nối đất

$$R_{\Sigma c} = \frac{U_L}{I_d}, \Omega \quad (15.15)$$

Trong đó:

I_d – dòng điện ngắn mạch chạy trong đất, A;

U_L - điện áp tính toán có giá trị $U_L \leq U_{cp}$;

U_{cp} - giá trị điện áp tiếp xúc cho phép,

Xác định điện trở nối đất nhân tạo:

$$R_{n\text{ tạo}} = \frac{R_n \cdot R_{yc}}{R_n - R_{yc}}, \Omega \quad (15.16)$$

$R_{n\text{ tạo}}$ - điện trở của hệ thống nối đất nhân tạo;

R_n - điện trở của hệ thống nối đất tự nhiên.

Chọn điện cực tiếp địa và xác định điện trở của chúng, giá trị điện trở của cọc tiếp địa thẳng đứng được xác định theo biểu thức:

$$R_{dc} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4l + 7h}{l + 7h} \right) \quad (15.17)$$

Trường hợp đất không đồng nhất (hai lớp đất):

$$R_{dc} \cong \frac{l}{2\pi \left[\frac{h}{\rho_1} + \frac{(l+h).l}{\rho_2} \right]} \ln \frac{4l}{d}; \quad (15.18)$$

Xác định số lượng điện cực cần thiết khi chưa tính đến thanh nối ngang:

$$n_1 = \frac{R_{dc}}{R_{n\text{ tạo}}} \quad (15.19)$$

Xác định điện trở của hệ thống nối đất nhân tạo có tính đến điện trở của các thanh nối ngang R'_{nga} :

$$R'_{n\text{ tạo}} = \frac{R'_{nga} \cdot R_{n\text{ tạo}}}{R'_{nga} - R_{n\text{ tạo}}} \quad (15.20)$$

Xác định số lượng điện cực chính thức:

$$n = \frac{R_{dc}}{\eta_{dc} \cdot R'_{n\text{ tạo}}}; \quad (15.21)$$

η_{dc} - hệ số sử dụng của các điện cực.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của hệ thống nối đất:

$$F_{\text{min}} = I_d \frac{\sqrt{t_k}}{C}, \text{ mm}^2 \quad (15.22)$$

t_k - thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch I_d chạy trong đất, s;

C – hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh nối (với thanh thép $C = 74$).

Ví dụ 15.8: Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp 22/0,4 kV công suất 400 kVA đặt trên một khu đất có diện tích 6×5m, không có điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên, điện trở suất của đất là $\rho=120 \Omega.m$: Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_k^{(1)}=540A$, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 0,5$ giây.

Giải:

Trước hết ta chọn kích thước điện cực tiếp địa loại tròn đường kính $d = 0,05m$, dài $l_c = 2m$, chôn sâu $h = 0,5m$ (tính từ đầu cọc đến mặt đất).

% Tính toán nối đất bài vd 8.1

>> clear all

Ryc=4 ; d=0.05 ; lc=2 ; h=0.5 ; ro=120 ; Ik=540 ; tk=0.5 ; A=6 ; B=5 ;
b=40 ; c=10 ; Cp=1 ; Df=1.1 ; Sf=0.6 ; Ct=74;

Ln=2*(A+B);

Rdc=ro*(log(2*lc/d)+1/2*log((4*lc+7*h)/(lc+7*h)))/(2*pi*lc) ; % Điện trở
cực tiếp địa

n1=Rdc/Ryc % Số lượng số bộ cực tiếp địa

n2=input('Chon gia tri n2 = '); %Chon so luong dien cuc

ndc=n2;

la=Ln/ndc

Rng=ro/(pi*Ln)*log(1.5*Ln/sqrt(b*h)); % Điện trở thanh nối

nucy=input('He so su dung nucy = '); % He so ksd dien cuc

```

nuyng=input('He so su dung nuyng = '); % He so ksd thanh noi
Rdcsum=Rdc/(nuc*n2); % Tong tro cuc tiep dia co xet den he so su dung
Rngl=Rng/nuyng; % Dien tro thanh noi co xet den he so su dung
Rdsum=Rngl*Rdcsum/(Rngl+Rdcsum); % Tong tro cua he thong tiep dia
Id=Cp*Df*Sf*Ik; % Thanh phan dong dien di qua he thong tiep dia
Fmin=Id*sqrt(tk)/Ct; % Kiem tra on dinh nhiet
Ftn=b*c; % Dien tich mat cat thanh noi
format bank % 2 ky tu sau dau phay
disp(' n Rd,Ohm Fmin, mm2 F, mm2');
fprintf('%g'), disp([n2,Rdsum,Fmin,Ftn]);

```

Trong quá trình chạy, đầu tiên chương trình tính toán và thông báo số lượng cực tiếp địa n_1 và yêu cầu chọn số lượng thực:

$n_1 =$

11.3418

Chọn giá trị $n_2 =$

Với giá trị $n_1=11,3418$, xét đến hệ số sử dụng điện cực luôn nhỏ hơn 1, ta chọn $n_2=14$ và gõ vào vị trí chờ. Khi đó máy thông báo tỷ lệ la giữa khoảng cách a và chiều dài của các điện cực $l_a=a/l_c$ và tiếp tục hỏi về hệ số sử dụng điện cực thẳng đứng và thanh nối ngang.

$la =$

1.57

He so su dung nuyng = 0.56

He so su dung nuyng = 0.32

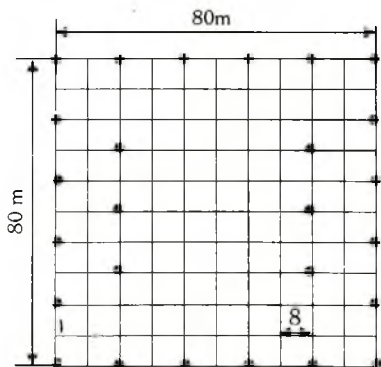
Căn cứ vào số lượng điện cực đã chọn (n_2) và tỷ lệ khoảng cách giữa các điện cực (la) ta tra bảng để xác định $\eta_{dc}=0,56$ và $\eta_{ng}=0,32$ rồi gõ vào các vị trí chờ tương ứng, ta sẽ nhận được kết quả cuối cùng hiển thị như sau:

n	Rd, Ohm	$Fmin, mm^2$	F, mm^2
-----	-----------	--------------	-----------

Có nghĩa là tổng số điện cực cần chọn là 14, điện trở của hệ thống nối đất là $3,77 \Omega < R_{yc}=4 \Omega$. Tiết diện tối thiểu theo điều kiện ổn định nhiệt là $3,41 \text{ mm}^2$ nhỏ hơn nhiều so với tiết diện thực tế của thanh nối ngang là 400 mm^2 . Như vậy hệ thống nối đất thiết kế đạt yêu cầu.

Ví dụ 15.9: Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp 110/22kV, đặt trên một khu đất có diện tích $A \times B = 80 \times 95 \text{ m}$, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là $R_m = 48 \Omega$, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 90 \Omega \cdot \text{m}$, đo trong điều kiện độ ẩm trung bình ($k_{c\text{oc}} = 1.5$ và $k_{\text{nga}} = 2$); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_k^{(1)} = 2,46 \text{ kA}$, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 0,5$ giây.

Giải: Theo dữ kiện của bài toán, giá trị dòng điện ngắn mạch một pha lớn hơn 500 A, nên giá trị điện trở của hệ thống nối đất k_0 được phép lớn hơn $R_{yc} = 0,5 \Omega$. Ta giả thiết mặt bằng của hệ thống nối đất là một hình vuông có kích thước: $F_{\text{nd}} = A \times B$. Ta có một hệ thống nối đất đơn giản như sau: các điện cực nối đất ngang bằng thép, đường kính 6 mm, tạo thành một mạng ô mắt lưới với khoảng cách mỗi ô là $D = 8 \text{ m}$ chôn sâu $h = 0,8 \text{ m}$, các điện cực thẳng đứng dài 14,5 m sẽ được chôn dọc theo chu vi trạm biến áp và các vị trí khác trong lòng diện tích trạm. Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:



Hình 15.4. Sơ đồ lưới nối đất ví dụ 15.9.

```

>> clear

Ryc=0.5 ; d=0.06 ; lc=15.5 ;
h=0.8 ; ro=90 ; Ik=2460 ; tk=0.5 ;
A=80 ; B=80 ; b=40 ; c=10 ; Cp=1;
Df=1.1; Sf=0.6; Ct=74; kc=1.5; kng=2;
Rtn=48; nng=11; D=8;
Llu=2*nng*A; Fnd=A*B;
Rlu=ro*kng*(1/Llu+1/sqrt(20*Fnd)*(1+1/(1+h*sqrt(20/Fnd)))) ;
Rtnlu=Rtn*Rlu/(Rtn+Rlu);
Rnt=Rtnlu*Ryc/(Rtnlu-Ryc);
Rdc=ro*(log(2*lc/d)+1/2*log((4*lc+7*h)/(lc+7*h)))/(2*pi*lc) ;
n1=Rdc/Rnt
n2=input('Chon gia tri n2 = '); %Chon so luong dien cuc
ndc=n2 ; la=2*D;
ka=la/lc
nuyc=input('He so su dung nuyc = '); % He so su dung dien cuc
Rdcsum=Rdc/(nuyc*n2);
Rdsum=Rtnlu*Rdcsum/(Rtnlu+Rdcsum)
Id=Cp*Df*Sf*Ic; % Thanh phan dong dien di qua he thong tiep dia
Fmin=Id*sqrt(tk)/Ct; % Kiem tra on dinh nhiet
Ftn=b*c; % Dien tích mặt cắt thanh nối
format bank % 2 ky tu sau dau phay
disp(' n Rd,Ohm Fmin, mm2 F, mm2');
fprintf('%g'), disp([n2,Rdsum,Fmin,Ftn]);

```

Kết quả nhận được là:

n Rd, Ohm F_{min} , mm² F , mm²

22.00 0.50 115.51 400.00

15.5. Tính toán bù công suất phản kháng

Hàm mục tiêu bao gồm 3 thành phần:

$$Z = p v_b Q_b + \Delta P_b Q_b t c_{\Delta} + \frac{P^2 + (Q - Q_b)^2}{U^2} R_{TC\Delta} 10^{-3} \rightarrow \min; \quad (15.23)$$

Trong đó

p – hệ số tiêu chuẩn sử dụng hiệu quả và khấu hao thiết bị bù;

v_b – suất vốn đầu tư của thiết bị bù, đ/kVAr;

ΔP_b – suất tổn thất công suất tác dụng trong thiết bị bù, kW/kVAr;

t – thời gian vận hành thiết bị bù trong năm, h/năm;

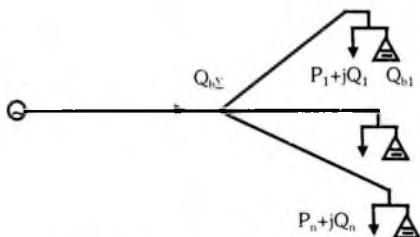
τ – thời gian tổn thất cực đại, h/năm;

c_{Δ} – giá thành tổn thất điện năng, đ/kWh;

R – điện trở tính từ nguồn đến điểm đặt thiết bị bù, Ω ;

Công suất thiết bị bù tối ưu xác định theo biểu thức :

$$Q_b = Q - \frac{U^2 10^{-3} (p v_b + \Delta P_b \cdot t \cdot c_{\Delta})}{2 R_{TC\Delta}}; \quad (15.24)$$

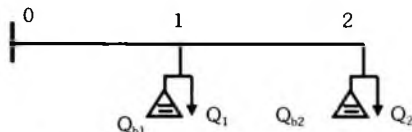


Hình 15.5. Sơ đồ bù trong các nhánh song song.

Trong trường hợp đã biết tổng công suất bù $Q_{b\alpha}$, thì việc phân bố tối ưu công suất này giữa các điểm tải được xác định theo biểu thức:

$$Q_{bi} = Q_i(Q - Q_b) \frac{R_{id}}{R_i} \quad (15.25)$$

Ví dụ 15.10: Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38kV với sơ đồ như hình 15.6, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b=120.10^3$ đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b = 0.004$ kW/kVAr; giá thành tổn thất $c_\Delta=750$ đ/kWh. Phụ tải phản kháng trong mạng điện $Q_1= 76,33$; $Q_2=34,2$ kVAr. Dây dẫn trên đoạn 01 là loại A70 và trên đoạn 1-2 là A.35 chiều dài các đoạn dây tương ứng $l_1 = 0,320$ km ; $l_2 = 0,28$ km; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p=0,12$; thời gian vận hành trong năm $t = 8760$ h; thời gian hao tổn cực đại $\tau=2840$ h.



Hình 15.6. Sơ đồ mạng điện ví dụ 15.10.

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau:

```
>> clear
DdU04;
U=0.38;
% U cd vb dPb to p;
dl=[0.38 0.75 120 0.004 2840 0.2];
L=[0.32 0.28];
zo=[A70 A35];
Q=[76.33 34.2];
R=L.*real(zo);
A1=dl(6)*dl(3)+dl(4)*8760*dl(2);
```

$$A2=2*dl(2)*dl(5)*R(1)*10^{-3}/dl(1)^2;$$

$$A3=2*dl(2)*dl(5)*10^{-3}/dl(1)^2;$$

$$B=[A2 \ A2;$$

$$A2 \ A2+A3*R(2)];$$

$$c=[A2*\sum(Q)-A1; \ A2*\sum(Q)+A3*R(2)*Q(2)-A1];$$

$$Qb=B \setminus c$$

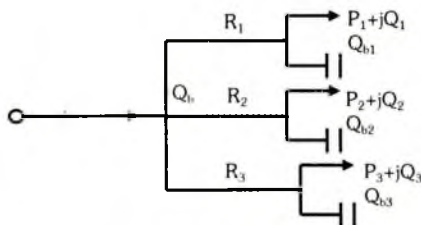
Kết quả hiển thị trên màn hình là:

$$Qb =$$

$$64.7517$$

$$34.2000$$

Ví dụ 15.11. Mạng điện hạ áp 0,38 kV hình 15.7, cung cấp cho các phân xưởng với phụ tải tương ứng S_i , điện trở của các đoạn dây từ tủ phân phối A đến các phân xưởng R_i cho trong bảng dưới. Hãy phân phối công suất phản kháng cho các phân xưởng, biết tổng công suất cần bù là $Q_b = 125$ kVar, coi hệ số đồng thời bằng 1.



Hình 15.7. Sơ đồ mạng điện vi dụ 15.11.

Điểm tải	1	2	3
S, kVA	87,3	63,6	48,5
$\cos\varphi$	0,76	0,74	0,73
L, km	0,26	0,37	0,32
Dây dẫn	A95	A70	A50

Giải: Chương trình MATLAB được soạn thảo như sau

```
>> clear  
DdU04;  
U=0.38 ; Qb=125 ;  
dlb=[56.87 68 43.58 ; % Cong suat S  
      0.76 0.74 0.73 ; % cosfi  
      0.26 0.37 0.32 ; % chieu dai  
      A95 A70 A50] ; % Day dan  
sinfi=sqrt(1-dlb(2,:).^2) ;  
Q=dlb(2,:).*sinfi ;  
R=dlb(3,:).*real(dlb(4,:));  
g=1./R;  
Rtd=1/sum(g);  
Qbi=Q-(sum(Q)-Qb).*Rtd./R  
Kết quả là:  
Qbi =  
    64.7195    32.8746    27.4059
```

Như vậy tương ứng ta nhận được $Q_{b1}=64,7195$; $Q_{b2}=32,8746$ và $Q_{b3}=27.4059$ kVAr. Ta có thể kiểm tra kết quả bằng cách gõ lệnh:

```
>> sum(Qbi)  
Kết quả nhận được là:  
ans =  
    125.00
```

Vậy là ta có thể yên tâm với độ tin cậy của bài toán rồi.

15.6. Phân tích kinh tế tài chính

15.6.1. Dòng tiền của dự án

a) Trường hợp không vay vốn

* Dòng tiền trước thuế T_1 :

$$T_1 = B - C; \quad (15.26)$$

C – tổng chi phí;

B – doanh thu.

Doanh thu là số tiền thu được do bán điện:

$$B = A \cdot g_b; \quad (15.27)$$

Trong đó

A - sản lượng điện năng, kWh; $A = P_M \cdot T_M$;

g_b - giá bán điện, đồng/kWh;

P_M - công suất tính toán của mạng điện, kW;

T_M - thời gian sử dụng công suất cực đại, h/năm.

Lợi tức chịu thuế

$$L_{lt} = T_1 - C_{kh}; \quad (15.28)$$

Thuế lợi tức T_{lt} xác định theo thuế suất s :

$$T_{lt} = L_{lt} \cdot s; \quad (15.29)$$

* Dòng tiền sau thuế T_2 .

$$T_2 = T_1 - T_{lt}; \quad (15.30)$$

b) Trường hợp có vay vốn

$$\text{Lợi tức chịu thuế sẽ là } L_t = T_1 - C_{kh} - V_{tr}; \quad (15.31)$$

$$\text{Dòng tiền sau thuế: } T_2 = T_1 - T_{lt} - V_{v+l}; \quad (15.32)$$

Trong đó V_{v+l} = Trả vốn + trả lãi

15.6.2. Các chỉ tiêu cơ bản của dự án

a. Giá trị thuần lãi suất:

$$NPV = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) \beta^t = \sum_{t=0}^n L_t \beta^t; \quad (15.33)$$

Trong đó:

β - hệ số quy đổi, xác định theo biểu thức: $\beta = 1/(1+i)$;

i - hệ số chiết khấu.

b. Tỷ số giữa doanh thu và chi phí

$$R = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n B_t \beta^t}{\sum_{t=0}^n C_t \beta^t}; \quad (15.34)$$

c. Hệ số hoàn vốn nội tại

Hệ số hoàn vốn nội tại ký hiệu là IRR (Internal Rate of Return) được xác định từ phương trình:

$$NPV = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t)(1 + IRR)^{-t} = 0; \quad (15.35)$$

Phương trình này có thể giải theo phương pháp gần đúng theo biểu thức:

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) \frac{NPV_1}{NPV_1 + |NPV_2|}; \quad (15.36)$$

i_1, i_2 - các giá trị chiết khấu gần nhau nhất mà giá trị NPV bắt đầu đổi dấu.

NPV_1, NPV_2 - các giá trị tổng lãi suất ứng với i_1 và i_2 .

d. Thời gian hoàn vốn T là thời gian mà tổng doanh thu bằng tổng chi phí

$$NPV = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t) \beta^t = 0; \quad (15.37)$$

Phương trình trên có thể giải gần đúng theo biểu thức:

$$T = t_n + \frac{-NPV_1}{-NPV_1 + NPV_2}; \quad (15.38)$$

t_n - số năm tròn ngay trước khi đạt được giá trị $NPV=0$;

NPV_1, NPV_2 - các giá trị ứng với thời gian t_n và năm sau đó.

Để phân tích kinh tế - tài chính dự án điện ta có thể áp dụng chương trình MATLAB **ptkttc(dlk, Cvh)**. Chương trình này đòi hỏi mảng dữ kiện đầu vào dlk và Cvh , mà được thể hiện như sau:

$dlk=[P_m, T_M, a, \Delta A, V, V_{lc}, I_s, c_m, c_b, s_t, k_{o\&m}, N, i,];$

$Cvh=[V_{lc}, C_{vhi}];$

Trong đó:

P_m – Công suất tính toán năm hiện tại, kW;

T_M – Thời gian sử dụng công suất cực đại;

a – Suất tăng trung bình phụ tải hàng năm;

ΔA – Tỷ lệ tổn thất điện năng trong năm;

V – Vốn đầu tư của hệ thống cung cấp điện, triệu VND;

V_{lc} – Vốn tự có;

I_s – Tỷ lệ lãi suất vay ngân hàng;

c_m, c_b – Giá mua và giá bán điện tính trên một đơn vị kWh;

s_t – Thuế suất kinh doanh điện năng;

$k_{o\&m}$ – Hệ số sửa chữa nhỏ thiết bị mạng điện;

N – Chu kỳ tính toán thiết kế (năm tính toán);

i – Hệ số chiết khấu.

C_{vhi} – Chi phí vận hành năm thứ i .

Chương trình sẽ cho kết quả tính toán các chỉ tiêu kinh tế tài chính cơ bản như: thuần lợi nhuận quy về hiện tại (NPV), doanh thu và chi phí quy về hiện tại (B, C), đồng thời chương trình cho đồ thị của NPV theo thời gian và từ đó có thể xác định thời gian thu hồi vốn đầu tư (T).

Ví dụ 15.12. Dự án đầu tư với số vốn là 785 ngàn \$, trong đó 50% là vốn vay với lãi suất đơn với $i_s = 10\%$, vốn được trả đều trong 10 năm. Doanh thu hàng năm là 310 ngàn \$, chi phí vận hành hàng năm là 98 ngàn \$, khấu hao tuyến tính trong thời hạn 10 năm, thuế suất lợi tức là 30%. Hãy xác định các chỉ tiêu đánh giá dự án.

Giải: Trước hết ta xây dựng chương trình MATLAB

```
>> clear

V=785; Is=0.1; st=0.3; ii=0.1; N=10;

t=0:N;

Bt=[0 310 310 310 310 310 310 310 310 310 310];

Cvh = [ V/2 98 98 98 98 98 98 98 98 98 98];

Vv=V*0.5;

Vtv=Vv/(length(t)-1);

Vtl=(Vv-Vtv).*Is; % Tra von hang nam

Ckh=V/(length(t)-1); % Chi phi khai hao

To=Bt-Cvh;

Llt=To-Ckh-Vtl;

if Llt > 0

    Cth=Llt.*st;

else

    Cth=0;

end

Ct=Cvh+Vtv+Vtl+Cth;

T2=Bt-Ct;

bet=1./(1+ii).^t;

Lh=T2.*bet;

B=Bt.*bet ;
```

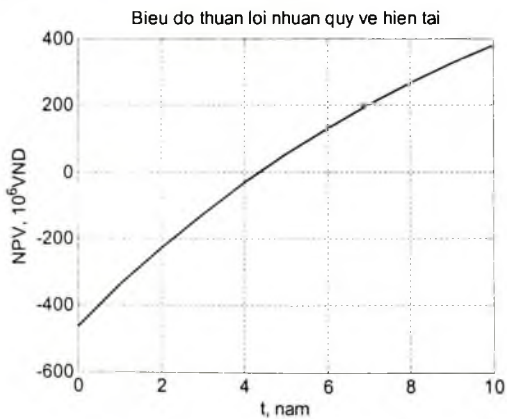
```

C=Ct.*bet;
Bh=sum(B);
Ch=sum(C);
NPVt=cumsum(Lh);
NPV=sum(Lh);
R=sum(B)/sum(C);
IRR = irr (Lh)*100;
plot(t,NPVt), grid
xlabel('t, nam'), ylabel('NPV, 10^6VND')
title('Bieu do thuan loi nhuan quy ve hien tai')
disp(' NPV          Bh      Ch      R      IRR');
fprintf('%g'), disp([NPV,Bh,Ch,R, IRR]);

```

Sau khi các lệnh trên được gõ vào máy và ấn enter ta sẽ nhận được kết quả là:

NPV	Bh	Ch	R	IRR
377.34	1904.82	1527.47	1.25	15,14



Các kết quả tính toán cho thấy dự án có tổng lợi nhuận quy về hiện tại là 377,34 ngàn \$, tổng doanh thu quy về hiện tại là $B=1904,82$ ngàn \$, tổng chi phí quy về hiện tại $C=1527,47$ ngàn \$, tỷ lệ $R=B/C$ là 1,25 và thời gian thu hồi vốn đầu tư $T=4,2$ năm. Như vậy là dự án có hiệu quả kinh tế tốt.

Ví dụ 15.13: Xác định các chỉ tiêu kinh tế tài chính của dự án xây dựng mạng điện với số liệu ban đầu như sau: Công suất tính toán $P_{\Sigma}=468,83\text{kW}$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=4320$ h/năm; Mô hình dự báo phụ tải $P=P_0(1+a(t-t_0))$, với suất gia tăng phụ tải trung bình hàng năm là 5% ($a=0,05$); Tỷ lệ tổn thất $\Delta A=8,2\%$; Tổng số vốn của dự án $V_{\Sigma}=2650.10^6\text{VNĐ}$, trong đó vốn tự có là $V_{tc}=1650.10^6$, còn lại là vay ngân hàng với lãi suất $I_s=8\%/năm$, vốn vay được trả đều trong 10 năm; Tỷ lệ khấu hao tính theo phương thức giảm dần; Thuế suất $s=25\%$; Hệ số chiết khấu $i=10\%$; Giá mua điện ở đầu vào là $c_m=580$ đ/kWh, giá bán điện trung bình $c_b=820$ đ/kWh; Chi phí vận hành hàng năm $C_{vh}=125.10^6$ đ. Hệ số $k_{O\&M}=2\%$ Thời gian tính toán công trình $N=10$ năm.

Giải: Trước hết cần xác định lượng điện năng bán A_b và điện năng mua A_m tương ứng với năm thứ t :

$$A_b = P_m \cdot T_m;$$

$$A_m = A_b(1 + \Delta A);$$

Công suất tính toán P_m được xác định trên cơ sở hàm dự báo:

$$P_m = P_0(1 + a \cdot t);$$

Doanh thu năm thứ t : $B = A_b \cdot c_b$;

Chi phí mua điện năm thứ t : $C_m = A_m \cdot c_m$;

Chi phí sửa chữa nhỏ: $C_{sc} = k_{O\&M} \cdot V$;

Vốn vay: $V_v = V - V_{tc}$;

Trả vốn hàng năm: $V_{tv} = V_v / N$;

Trả lãi hàng năm: $V_{tl} = V_v \cdot I_s$;

Chi phí khấu hao hàng năm tính theo phương thức giảm dần:

$$C_{kh} = (V - V_{cl}) \frac{N+1-t}{\sum_{t=1}^N t};$$

Tổng chi phí hàng năm không kể khấu hao: $C_1 = C_m + C_{vh} + C_{sc}$;

Dòng tiền trước thuế: $T_1 = B - C_1$;

Lợi tức chịu thuế: $L_{th} = T_1 - C_{kh} - V_{lt}$;

Thuế lợi tức: $C_{th} = L_{th} \cdot S_t$; (nếu $L_{th} < 0$, thì $C_{th} = 0$);

Tổng chi phí hàng năm: $C_t = C_1 + V_{tv} + V_{lt} + C_{th}$;

Dòng tiền sau thuế: $T_2 = B - C_t$;

Giá trị lợi nhuận quy về hiện tại: $L_{ht} = T_2 \cdot \beta^t$ với $\beta = 1/(1+i)$;

Tổng lợi nhuận thuần quy về hiện tại: $NPV = \sum L_{ht}$;

Tổng doanh thu quy về hiện tại: $B_{ht} = B \cdot \beta^t$;

Tổng chi phí quy về hiện tại: $B_{nt} = C_t \cdot \beta^t$;

Tỷ lệ doanh thu/chí phí quy về hiện tại: $R = B_{ht}/C_{nt}$;

Hệ số hoàn vốn nội tại IRR xác định từ phương trình (15.35);

Thời gian thu hồi vốn đầu tư xác định từ phương trình $NPV=0$ (15.37) theo phương pháp đồ thị.

Trên cơ sở thuật giải của bài toán phân tích kinh tế-tài chính chương trình MATLAB được soạn thảo có tên là *ptkttc*, để giải bài toán này, trước cần khai báo các dữ liệu cần thiết, sau đó gọi hàm tính toán, cú pháp như sau:

```
>> clear
```

```
Pm=468.83; Tm=4320; a=0.05; dA=0.082; V=2650; st=0.25; ii=0.1;  
cm=0.00058; cb=0.00082; kom=0.02; Cvh=125; N=10; Vtc=1650; ls=0.08;
```

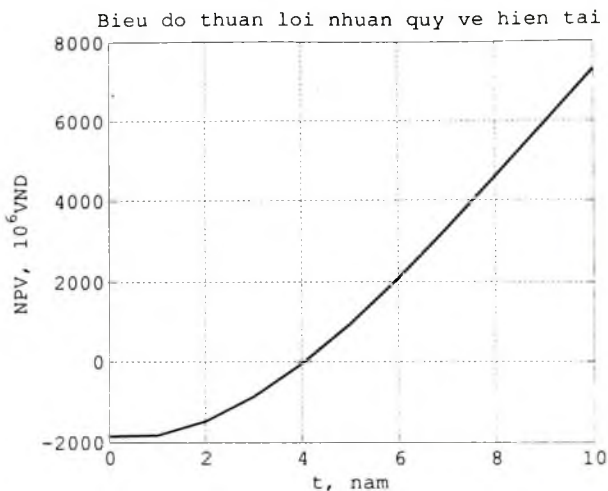
```
dlk=[Pm, Tm, a, dA, V, Vtc, ls, cm, cb, st, kom, N, ii];
```

```
Cvh=[Vtc, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh];
```

```
[NPV,R,IRR] = ptkttc(dlk, Cvh);
```

Sau khi các lệnh trên được gõ vào máy và ấn enter, kết quả hiển thị trên màn hình nhận được như sau:

$NPV, 10^6 VND$	R	IRR
7291.37	1.18	30,14



Căn cứ vào biểu đồ biến thiên của NPV, ta có thể dễ dàng xác định được thời gian thu hồi vốn đầu tư $T = 4,05$ năm. Như vậy có thể thấy dự án mang lại hiệu quả kinh tế cao.

Ví dụ 15.14: Cũng với số liệu như ví dụ 15.13, hãy xác định các chỉ tiêu kinh tế tài chính và cho nhận xét trong các trường hợp:

- Toàn bộ vốn đầu tư là vốn tự có;
- Toàn bộ vốn đầu tư là vốn vay.

Giải: Áp dụng chương trình ptktc trong MATLAB tương tự như ví dụ 15.13 nhưng thay đổi dữ liệu cho các trường hợp a) $V_{tc}=2650$ và trường hợp b) $V_{tc}=0$.

% a) Toàn bộ vốn tự có

>> clear

Pm=468.83; Tm=4320; a=0.05; dA=0.082; V=2650; st=0.25; ii=0.1;
cm=0.00058; cb=0.00082; kom=0.02; Cvh=125; N=10; Vtc=V; ls=0.08;

dlk=[Pm, Tm, a, dA, V, Vtc, ls, cm, cb, st, kom, N, ii];

Cvh=[Vtc, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh];

[NPV,R,IRR] = ptkttc(dlk, Cvh);

% b) Toàn bộ vốn vay

>> clear

Pm=468.83; Tm=4320; a=0.05; dA=0.082; V=2650; st=0.25; ii=0.1;
cm=0.00058; cb=0.00082; kom=0.02; Cvh=125; N=10; Vtc=0; ls=0.08;

dlk=[Pm, Tm, a, dA, V, Vtc, ls, cm, cb, st, kom, N, ii];

Cvh=[Vtc, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh, Cvh];

[NPV,R,IRR] = ptkttc(dlk, Cvh);

Ta nhận được các kết quả tương ứng như sau:

	$NPV \cdot 10^6, VND$	R	$IRR \%$	T, nam
a)	7520.23	1.18	25.58	4.25
b)	6913.74	1.17	49.74	3,25

Phân tích các kết quả tính toán ta thấy trong trường hợp toàn bộ vốn đầu tư là tự có thì lợi nhuận thu được sẽ cao hơn, tỷ lệ B/C cũng cao hơn, nhưng thời gian hoàn vốn dài hơn một năm so với phương án vay vốn toàn bộ.

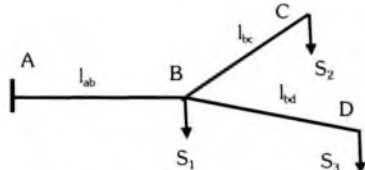
15.7. Bài tập

Bài tập 15.1 Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây trung áp 10 kV dài 7,6 km, biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,25\%$; công suất truyền tải $S=420+j242$ kVA, dự kiến dùng dây thép nhôm ($\gamma=31,5$ m/ $\Omega \cdot mm^2$).

Bài tập 15.2 Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện hạ áp $U=0.38\text{kV}$ (hình 15.8), theo phương pháp chi phí kim loại màu cực tiểu, biết hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp}=7,5\%$. Các phụ tải và chiều dài đường dây cho trong bảng sau :

Đoạn	ab	bc	bd
$l, \text{ km}$	0,33	0,22	0,30
Điểm tải	B	C	D
$S, \text{ kVA}$	$35+j21$	$32+j18$	$37+j22$

Dự định chọn dây nhôm với $\gamma = 32 \text{ m.mm}^2/\Omega$.



Hình 15.8 Sơ đồ mạng điện bài tập 15.2.

Bài tập 15.3: Hãy xác định chi phí quy dẫn của đường dây 10 kV có chiều dài $l=8.5 \text{ km}$ làm bằng dây AC.95, Các tham số kinh tế của đường dây $a_{10}=158,01.10^6 \text{ VND/km}$ và $b_{10}=0,89.10^6 \text{ VND/km.mm}^2$; hệ số khấu hao đường dây $k_{khd}=4\%$; Công suất truyền tải trên đường dây là $S=650 \text{ kVA}$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=4760\text{h}$, giá thành tổn thất $c_s=1000 \text{ đ/kWh}$. Tuổi thọ công trình $T_h=25$ năm, hệ số chiết khấu $i=0,1$.

Bài tập 15.4: Hãy xác định chi phí quy dẫn của trạm biến áp 10/0,4 kV có công suất định mức $S_n=400 \text{ kVA}$, công suất của phụ tải là $S=332 \text{ kVA}$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=4760\text{h}$, giá thành tổn thất $c_s=1000 \text{ đ/kWh}$; Tuổi thọ trạm biến áp $T_h=25$ năm, hệ số chiết khấu $i=0,1$. Các tham số kinh tế: $m=19,04.10^6 \text{ VND}$, $n=0,18.10^6 \text{ VND/kVA}$, hệ số khấu hao máy biến áp $k_{kmb}=6.5\%$.

Bài tập 15.5: Hãy so sánh các phương án chọn cấp điện áp phân phối để cung cấp điện cho một điểm tải công suất $S=577,2+j236 \text{ kVA}$; Chiều dài từ trạm biến áp trung gian đến trung tâm tải là $14,7 \text{ km}$; Hao tổn điện áp cho phép

$\Delta U_{cp}=3,0\%$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M=4760$ h, giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta=1000$ đ/kWh. Tuổi thọ của mạng điện coi bằng $T_h=25$ năm, hệ số chiết khấu $i=0,1$. Các tham số kinh tế của máy biến áp và đường dây được cho trong bảng sau:

U, kV	m, 10 ⁶ đ	n, 10 ⁶ đ/kVA	a, 10 ⁶ đ/km	b, 10 ⁶ đ/km.mm ²
10	19,04	0,18	158,01	0,89
22	24,18	0,18	194,6	1,11
35	34,34	0,20	228,19	1,28

Bài tập 15.6. Xác định vị trí tối ưu của trạm biến áp, biết tọa độ và công suất (kVA) của các điểm tải như sau:

X	5	33	170	138	8	220	100	60	210	167	110	160
Y	40	73	224	134	176	42	220	137	127	117	78	17
S	35,2	45,4	30,2	53	61	39	45,4	43	36,3	34,8	30,2	47,5

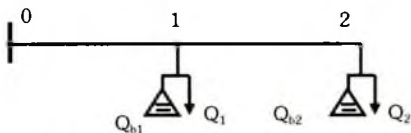
Bài tập 15.7: Một xí nghiệp sản xuất có công suất tính toán năm hiện tại là $S_0=655$ kVA, suất tăng phụ tải trung bình hàng năm là $a=5\%$, hàm dự báo dạng tuyến tính theo thời gian: $S_t=S_0(1+a.(t-t_0))$; hệ số công suất coi là không đổi và bằng $\cos\varphi=0,83$ trong đó phụ tải loại I và II chiếm 72% ($m_{1+2} = 0,75$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5750$ h. hệ số chiết khấu $i = 0,1$; giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta=1000$ đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện $g_{th}=5000$ đồng/kWh, chu kỳ tính toán $T=7$ năm. Hãy chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 kV cung cấp cho xí nghiệp.

Bài tập 15.8: Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp 22/0,4 kV công suất 2x250 kVA đặt trên một khu đất có diện tích 6,5x5m, không có điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên, điện trở suất của đất là $\rho=150 \Omega.m$; Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I^{(1)}_k=357A$, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 0,5$ giây. Chọn cọc tiếp địa đường kính 6 cm, dài 2,5 m

Bài tập 15.9: Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp 110/22kV, đặt trên một khu đất có diện tích $A \times B=70 \times 80$ m, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là $R_m=82 \Omega$, điện trở suất của đất là $\rho_o=110 \Omega.m$, đo trong điều kiện độ ẩm trung bình

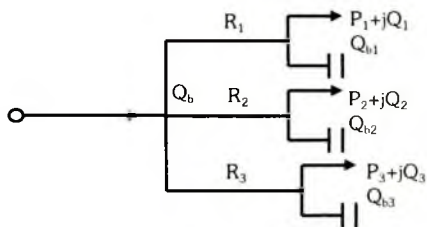
($k_{\text{cọc}}=1,5$ và $k_{\text{ngã}}=2$); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_k^{(1)} = 1,78$ kA, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 0,5$ giây.

Bài tập 15.10: Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38kV với sơ đồ như hình 15.9, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b=120.10^3$ đ/kVAR; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b=0,004$ kW/kVAR; giá thành tổn thất $c_\Delta=1000$ đ/kWh. Phụ tải phản kháng trong mạng điện $Q_1= 83,5$; $Q_2=62,7$ kVAR. Dây dẫn trên đoạn 01 là loại A120 và trên đoạn 1-2 là A.50 chiều dài các đoạn dây tương ứng $l_1 = 0,410$ km ; $l_2 = 0,33$ km; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p=0,12$; thời gian vận hành trong năm $t = 8760$ h; thời gian hao tổn cực đại $\tau=3580$ h.



Hình 15.9. Sơ đồ mạng điện bài tập 15.10.

Bài tập 15.11. Mạng điện hạ áp 0,38 kV hình 15.10 , cung cấp cho các phân xưởng với phụ tải tương ứng S_i , điện trở của các đoạn dây từ tủ phân phối A đến các phân xưởng R_i cho trong bảng dưới. Hãy phân phối công suất phản kháng cho các phân xưởng, biết tổng công suất cần bù là $Q_b=155$ kVAR, coi hệ số đồng thời bằng 1.



Hình 15.10. Sơ đồ mạng điện bài tập 15.11.

Điểm tải	1	2	3
S, kVA	102	79	73
$\cos\varphi$	0,75	0,72	0,73
L, km	0,22	0,29	0,38
Dây dẫn	A120	A70	A70

Bài tập 15.12: Dự án đầu tư với số vốn là 835 ngàn \$, trong đó 40% là vốn vay với lãi suất đơn với $l_s = 10\%$, vốn được trả đều trong 10 năm. Doanh thu hàng năm là 280 ngàn \$, chi phí vận hành hàng năm là 85 ngàn \$, khấu hao tuyến tính trong thời hạn 10 năm, thuế suất lợi tức là 25%. Hãy xác định các chỉ tiêu đánh giá dự án.

Bài tập 15.13: Xác định các chỉ tiêu kinh tế tài chính của dự án xây dựng mạng điện với số liệu ban đầu như sau: Công suất tính toán $P_M = 468,83 \text{ kW}$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4750 \text{ h/năm}$; Mô hình dự báo phụ tải $P = P_0(1 + a(t - t_0))$, với suất gia tăng phụ tải trung bình hàng năm là 5% ($a = 0,05$); Tỷ lệ tổn thất $\Delta A = 7,6\%$; Tổng số vốn của dự án $V_\Sigma = 2058 \cdot 10^6 \text{ VND}$, trong đó vốn tự có là $V_{tc} = 1058 \cdot 10^6$, còn lại là vay ngân hàng với lãi suất $l_s = 8\%/\text{năm}$, vốn vay được trả đều trong 10 năm; Tỷ lệ khấu hao tính theo phương thức giảm dần; Thuế suất $s = 25\%$; Hệ số chiết khấu $i = 10\%$; Giá mua điện ở đầu vào là $c_m = 580 \text{ đ/kWh}$, giá bán điện trung bình $c_b = 800 \text{ đ/kWh}$; Chi phí vận hành hàng năm $C_{vh} = 105 \cdot 10^6 \text{ đ}$. Hệ số $k_{O\&M} = 2\%$ Thời gian tính toán công trình $N = 10 \text{ năm}$.

Bài tập 15.14: Cũng với số liệu như bài tập 15.13, hãy xác định các chỉ tiêu kinh tế tài chính và cho nhận xét trong các trường hợp:

- Toàn bộ vốn đầu tư là vốn tự có;
- Toàn bộ vốn đầu tư là vốn vay.

Một số chương trình cơ bản có sẵn áp dụng trong chương 15:

chonF(dlcd) dùng để chọn dây dẫn theo phương pháp hao tổn điện áp;

tsoktedd và tsoktetba dùng để tra các số liệu kinh tế của đường dây và MBA

chonmba dùng để chọn số lượng và công suất máy biến áp;

ptkttc dùng để phân tích kinh tế - tài chính dự án điện.

Đáp số

Đáp số chương 9

9.1.

I_1	I_2	I_3
2.5162	-3.3240	0.8078

9.2.

Kết quả là:

I_1	I_2	I_3
0.8059	-1.1372i	-6.0487 + 2.9005i
5.2428	-1.7634i	

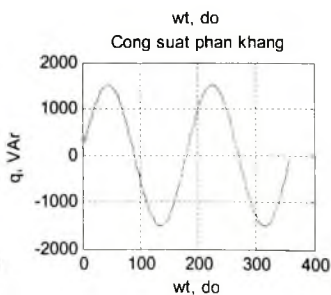
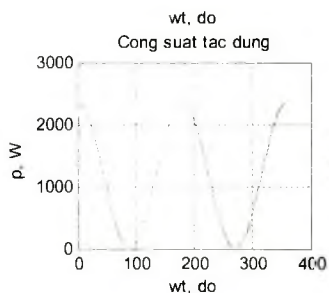
9.3.

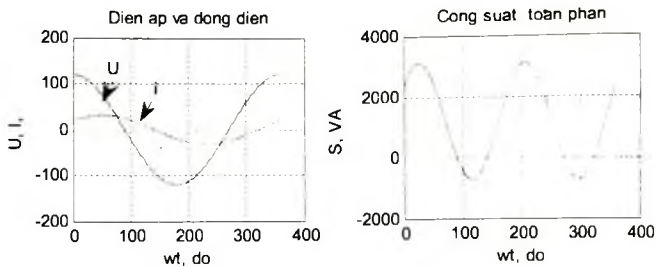
Kết quả là:

$$P = 1.1821e+003;$$

$$Q = 1.5130e+003$$

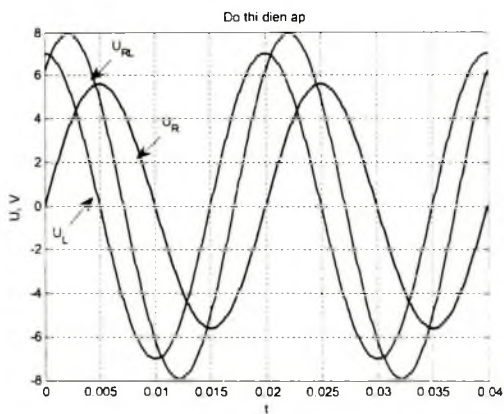
$$S = 1.1821e+003 + 1.5130e+003i$$





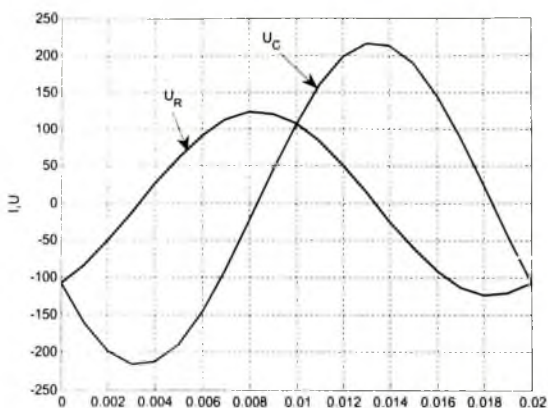
9.4.

U_R	U_L	U_{RL}
3.96	4.95	5.60



9.5.

I	U_r	U_c
5.62	87.61	153.54



9.6.

I, A P, W
0.68 13824.00

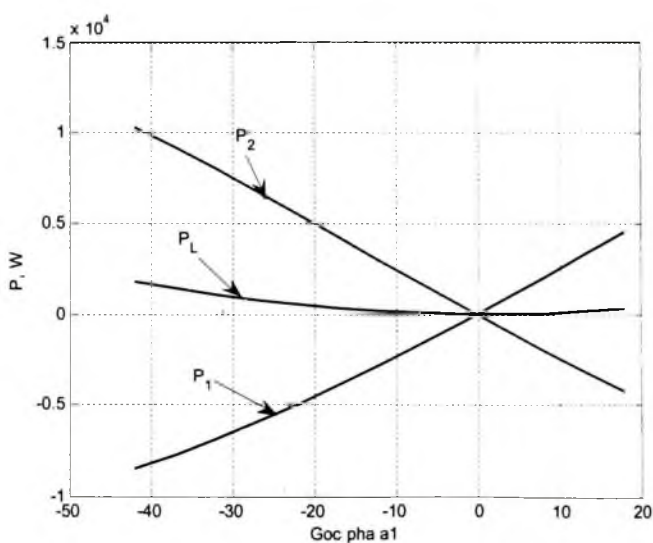
9.7.

I1	I2	I3
-3.5085 + 7.1206i	-3.8753 + 6.9150i	0.3669 + 0.2056i

9.8.

Delta I	P1	P2	PL
-42.00	-8493.39	10289.64	1796.24
-37.00	-7739.74	9161.42	1422.69
-32.00	-6897.82	7986.49	1089.67

-27.00	-5977.03	6773.77	796.74
-22.00	-4983.38	5532.49	549.11
-17.00	-3924.43	4272.11	347.67
-12.00	-2809.25	3002.21	193.96
-7.00	-1643.33	1732.47	89.14
-2.00	-439.52	472.53	34.01
3.00	796.99	-769.00	29.99
9.00	2053.80	-1979.68	74.12
13.00	3322.36	-3153.30	169.05
19.00	4593.00	-4279.93	313.07



9.9.

I1	I2	I3
0.62	0.40	0.22

9.10.

I, A	S, VA	U2, V	Is	Ilg	Iab	S1	S2	dS	Ssum
14.95	9836.99	172.14	-0.14	15.08	9.38	1182.44	7079.25	2662.00	10923.69

9.11.

I, A	goc, do
237.11	-5.36
237.11	114.64
237.11	-125.36

9.12.

a) Phương pháp DL Kierchoff:

Iabcp, A

33.74	16.99
33.74	-103.01
33.74	136.99

(b) Phương pháp các thành phần đối xứng:

Iabcp, A

33.74	16.99
33.74	-103.01
33.74	136.99

9.13.

a) Ma trận điện trở của phụ tải $Z^{012} = A^{-1} Z^{abc} A$

$Z_{012} =$

3.60	-0.00	-0.00
-0.00	3.60	-0.00
0	0	3.60

(b) Các thành phần đối xứng của điện áp.

$U_{012p} =$

20.30	32.10
141.87	0.06
54.14	29.13

(c) Các thành phần đối xứng của dòng điện.

$I_{012p} =$

2.87	-27.35
37.69	17.05
14.38	45.12

(d) Dòng điện pha của phụ tải.

$I_{abc p} =$

52.64	22.24
39.65	-119.96
23.73	153.80

(e) Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng các thành phần đối xứng

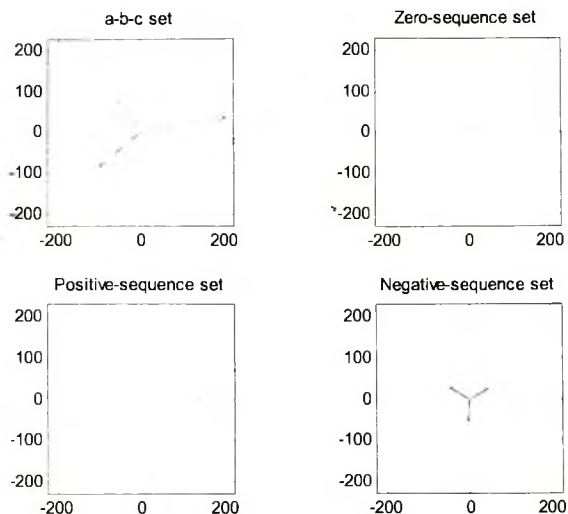
$S_{3ph_sc} =$

17662.61

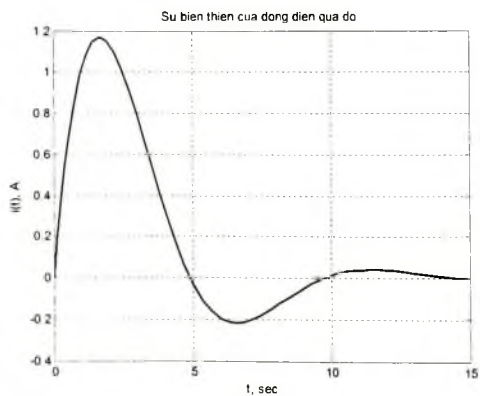
(f) Công suất toàn phần cung cấp cho phụ tải dưới dạng công suất theo từng pha.

$S_{3ph} =$

17662.61



9.14.



Đáp số chương 10

10.1.

a) Phương pháp số gia

Psh, kW	Pdl	P	S, kVA	Q, kVAr
81.50	48.65	114.83	134.34	610.72

b) Phương pháp hệ số nhu cầu

Psh, kW	Pdl	P	S, kVA	Q, kVAr
81.50	48.65	117.13	137.03	71.12

10.2.

S, kVA	P, kW	Q, kVAr	cofitb
208.95	157.37	137.46	0.75

10.3.

Phân xưởng 1:

S, kVA	P, kW	Q, kVAr	cofitb
194.66	146.69	127.96	0.75

Phân xưởng 2:

S, kVA	P, kW	Q, kVAr	cofitb
116.78	87.10	77.80	0.75

Phân xưởng 3:

S, kVA	P, kW	Q, kVAr	cofitb
60.03	38.34	46.20	0.64

Phân xưởng 4:

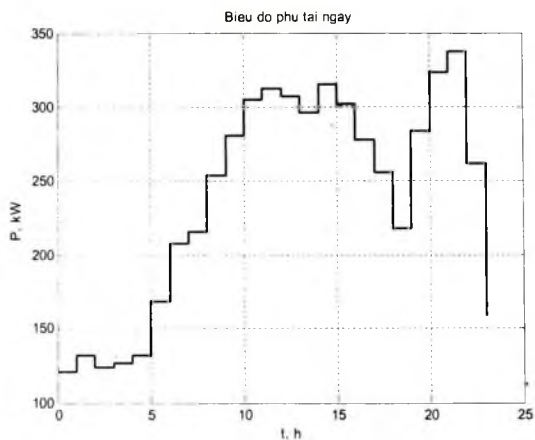
S, kVA	P, kW	Q, kVAr	cofitb
118.68	84.95	82.87	0.72

Tổng phụ tải tính toán

Stt, kVA	Ptt, kW	Qtt, kVAr	cosφtổng
375.87	270.93	260.53	0.72

10.4.

A, kWh	Ptb, kW	kdk	Tm, h	to, h
5716	238.2	0.7	17	13.1



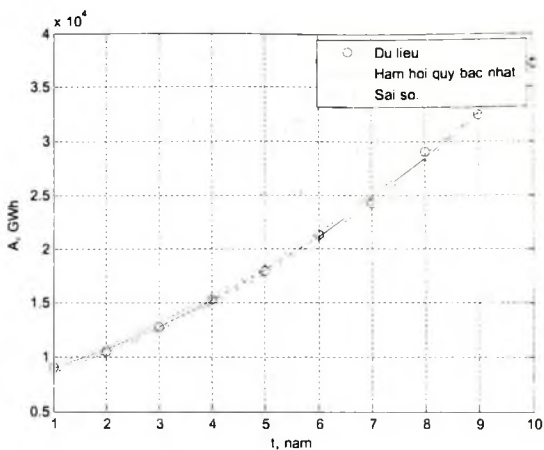
10.5.

$$P_1 = 1,8869t^2 + 73,9107t + 412,9107 \text{ MW}$$

Năm	8	9	10	11	12	13	14	15
MW	1124.96	1230.95	1340.71	1454.24	1571.55	1692.64	1817.49	1946.12

10.6.

$$P_1 = 174,8t^2 + 1223,3t + 7523,3 \text{ MW}$$



Sai số: $\text{ert} = 3.8097\%$.

Đáp số chương 11

11.1.

R, Ohm	X	Ugh, kV	B, sim	G
12.7646	40.6627	99.4315	0.0009	0.0008

11.2.

R, Ohm	X
4.8454	5.2790

11.3.

GMD = 22.95465 m

GMRL = 2.49776 m GMRC = 2.56482 m

11.4.

$$L = 0.443625 \text{ mH/km} \quad C = 0.0253721 \text{ micro F/km}$$

11.5.

Rb, Ω	Xb	Zb
0.0033	0.0096	0.0102

11.6.

Rb, Ω	Xb	Zb	Gb	Bb
1.2865	46.5342	46.5520	0.0000	0.0000

11.7.

Rt, Ω	Xc	Xt	Xh	G	B
3.2163	275.0800	-11.5800	148.1200	0.0000	0.0006

11.8.

Rc, Ω	Rt	Rh	Xc	Xt	Xh	G	B
2.6083	2.6083	3.9124	92.5750	61.7167	0	0.0000	0.0034

11.9.

dU,V	dU,%
344.9441	3.4494

11.10.

dUabc,%	dUabd,%	dUm,%
4.2493	5.1611	5.1611

11.11.

dUa,V	dUb,V	dUc,V	dU,%
-------	-------	-------	------

17.1090	11.9553	1.4534	7.7768
---------	---------	--------	--------

11.12.

dUb,V	dUt,%
-------	-------

4.1836

11.13.

dA,kWh	dAt,%
--------	-------

390022.49	2.37
-----------	------

11.14.

Buoc	dS12, MVA	dS23, MVA	dU12, kV	dU23, kV
10	5.7352 + 22.8262i	0.8278 + 3.2945i	18.6348	4.6242

11.15.

Pa, kW	Pb	Qa, kVAr	Qb	dU,V
105.86	126.53	73.89	88.32	131.99

11.16.

Sal, kVA	Sb2	S12
2213.4 + 1327.3i	2648.0 + 1939.5i	-1026.6 + 1327.3i

11.17.

Salb,MVA	Sa2d	Sbc	Scd
56.9617 + 36.3946i	58.7483 + 37.5051i	12.0217 + 7.3663i	
dU %			
20.1083 + 12.5461i	5.0578		

11.18.

$$Z' = 31.1883 + j 248.45 \, \Omega$$

$$Y' = 1.54487e-007 + j 0.000241115 \, \text{sim}$$

$$Z_c = 1024.75 + j -64.7247 \, \Omega$$

$$A = 0.97005 + j 0.0037792; \quad B = 31.188 + j 248.45;$$

$$C = -3.0343e-007 + j 0.0002375; \quad D = 0.97005 + j 0.0037792$$

11.19.

$$a) \quad Z' = 14.3159 + j 120.181 \, \Omega$$

$$Y' = 4.65515e-005 + j 0.00545453 \, \text{sim}$$

$$Z_c = 162.489 + j -11.9877 \, \Omega$$

$$\alpha l = 0.0564345 \, \text{neper} \quad \beta l = 0.834566 \, \text{radian} = 47.8171^\circ$$

$$0.67257 + j 0.04184 \quad 14.316 + j 120.18$$

$$ABCD = -7.518e-005 + j 0.0045625 \quad 0.67257 + j 0.04184$$

b) Các tham số đầu vào khi biết phụ tải cuối đường dây

$$V_r = 500 \, \text{kV (L-L)} \quad \text{at } 0 \, \text{W}$$

$$P_r = 453 \, \text{MW} \quad Q_r = 312 \, \text{MVA}$$

$$I_r = 635.141 \, \text{A} \quad \text{at } -34.5568^\circ \quad \text{PF}_r = 0.823564 \, \text{thụ động}$$

$$V_s = 441.13 \, \text{kV (L-L)} \quad \text{at } 15.9026^\circ$$

$$I_s = 1149.71 \, \text{A} \quad \text{at } 72.5285^\circ \quad \text{PF}_s = 0.550104 \, \text{chu động}$$

$$P_s = 483.235 \, \text{MW} \quad Q_s = -733.585 \, \text{MVA}$$

$$PL = 30.235 \, \text{MW} \quad QL = -1045.585 \, \text{MVA}$$

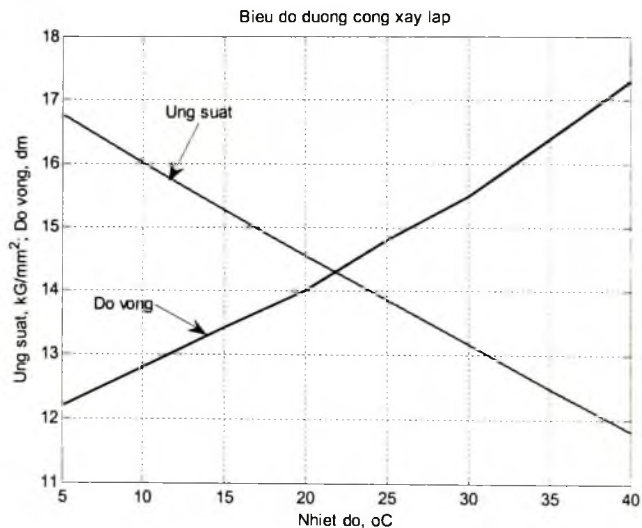
$$\text{Phân trăm điều chỉnh điện áp} = 30.9245$$

$$\text{Hiệu suất truyền tải} = 93.7433$$

11.20.

$\theta, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35	40
$\sigma, \text{kG/mm}^2$	16.77	16.03	15.29	14.56	13.85	13.15	12.47	11.80
f, m	1.22	1.28	1.34	1.40	1.48	1.55	1.64	1.73

11.21.



Đáp số chương 12

12.1.

X_{mp} X_{mba}

0.1000 0.0420

0.0429 0.0262

Tham số đường dây:

Rdd(pu)	Xdd	Bdd
0.0643	0.3025	0.0186
0.0567	0.2325	0.0139
0.0915	0.3388	0.0207
0.0339	0.2035	0.0130
0.1058	0.3992	0.0244

12.2.

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 4.75534e-007

No. of Iterations = 10

Bus	Voltage	Angle	-----Load-----		---Generation---		Injected
No.	Mag.	Degree	MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
1	1.050	0.000	0.000	0.000	45.264	140.924	0.000
2	1.011	-1.011	84.000	36.000	0.000	0.000	0.000
3	0.882	5.238	86.000	35.000	0.000	0.000	0.000
4	0.976	22.760	57.000	20.000	0.000	0.000	0.000
5	0.916	2.216	68.000	24.000	0.000	0.000	0.000
6	1.010	26.803	0.000	0.000	270.000	72.927	0.000
Total			295.000	115.000	315.264	213.851	0.000

12.3.

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 4.2055e-009

No. of Iterations = 4

Bus	Voltage	Angle	-----Load-----		---Generation---		Injected
-----	---------	-------	----------------	--	------------------	--	----------

No.	Mag.	Degree	MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
1	1.050	0.000	0.000	0.000	1211.596	57.109	0.000
2	0.983	-5.012	911.000	62.000	0.000	0.000	0.000
3	0.978	-7.132	35.000	14.000	0.000	0.000	0.000
4	0.988	-7.370	111.000	8.000	0.000	0.000	0.000
5	1.020	-3.201	24.000	11.000	48.000	15.586	0.000
Total		171.000	95.000	174.596	72.695	0.000	

B =

0.0176 0.0020

0.0020 0.0146

B0 =

0.0006 0.0012

B00 =

5.0416e-004

Total system loss = 3.5956 MW.

Line Flow and Losses

--Line--		Power at bus & line flow			--Line loss--		Transformer
from	to	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar	tap
1		1211.596	57.109	138.881			
2		101.039	51.157	113.252	2.390	5.746	
5		25.556	5.952	211.240	0.326	-2.654	
2		-911.000	-62.000	114.280			
1		-98.649	-45.411	108.599	2.390	5.746	
3		17.617	-3.168	17.900	0.129	-4.160	
5		-14.968	-13.422	20.104	0.184	-3.090	

3	-35.000	-14.000	37.696			
2	-17.488	-0.992	17.516	0.129	-4.160	
4	0.798	-5.955	11.008	0.009	-3.818	
5	-18.309	-7.053	19.621	0.312	-0.438	
4	-111.000	-8.000	17.889			
3	-0.789	2.137	2.278	0.009	-3.818	
5	-15.211	-10.137	18.280	0.245	-13.891	
5	24.000	4.586	24.434			
1	-25.230	-8.606	211.657	0.326	-2.654	
2	15.152	10.331	18.339	0.184	-3.090	
3	18.621	11.615	19.761	0.312	-0.438	
4	15.457	-3.754	15.906	0.245	-13.891	
Total loss				3.596	-22.305	

12.4.

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 1.20396e-008

No. of Iterations = 7

Bus	Voltage	Angle	-----Load-----		---Generation---		Injected
No.	Mag.	Degree	MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
1	1.050	0.000	0.000	0.000	29.123	19.624	0.000
2	1.029	-0.628	20.600	8.200	0.000	0.000	0.000
3	1.006	0.987	40.200	18.400	0.000	0.000	0.000
4	1.040	8.128	0.000	0.000	92.000	0.445	0.000
5	1.033	-0.273	25.400	10.200	0.000	0.000	0.000
6	1.022	-2.168	32.000	13.200	0.000	0.000	0.000

Total	118.200	50.000	121.123	20.069	0.000
-------	---------	--------	---------	--------	-------

B =

0.0211	-0.0023
--------	---------

-0.0023	0.0328
---------	--------

B0 =

0.0022	-0.0002
--------	---------

B00 =

4.2074e-004

Total system loss = 2.92323 MW

Line Flow and Losses

--Line-- Power at bus & line flow --Line loss-- Transformer

from	to	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar	tap
------	----	----	------	-----	----	------	-----

1	29.123	19.624	35.118				
---	--------	--------	--------	--	--	--	--

2	7.391	7.553	10.567	0.041	-4.052		
---	-------	-------	--------	-------	--------	--	--

5	3.790	5.753	6.889	0.025	-4.191		
---	-------	-------	-------	-------	--------	--	--

6	17.942	6.319	19.022	0.179	-3.399		
---	--------	-------	--------	-------	--------	--	--

2	-20.600	-8.200	22.172				
---	---------	--------	--------	--	--	--	--

1	-7.350	-11.605	13.737	0.041	-4.052		
---	--------	---------	--------	-------	--------	--	--

3	-11.695	11.864	16.659	0.131	-4.524		
---	---------	--------	--------	-------	--------	--	--

5	-1.555	-8.459	8.601	0.002	-15.936		
---	--------	--------	-------	-------	---------	--	--

3	-40.200	-18.400	44.211				
---	---------	---------	--------	--	--	--	--

2	11.826	-16.388	20.209	0.131	-4.524		
---	--------	---------	--------	-------	--------	--	--

4	-52.026	-2.012	52.065	1.337	2.497		
---	---------	--------	--------	-------	-------	--	--

4	92.000	0.445	92.001				
---	--------	-------	--------	--	--	--	--

3	53.363	4.509	53.553	1.337	2.497		
---	--------	-------	--------	-------	-------	--	--

	5	38.637	-4.064	38.850	1.111	3.405
5		-25.400	-10.200	27.372		
	1	-3.766	-9.943	10.632	0.025	-4.191
	2	1.557	-7.477	7.637	0.002	-15.936
	4	-37.527	7.470	38.263	1.111	3.405
	6	14.335	-0.250	14.337	0.098	-3.732
6		-32.000	-13.200	34.616		
	1	-17.763	-9.718	20.247	0.179	-3.399
	5	-14.237	-3.482	14.657	0.098	-3.732
Total loss				2.923	-29.931	

12.5.

I,A	dU,%	dP,kW	dA,kWh
76.02	1.09	8.27	21438.09
38.31	0.44	1.69	4394.06
15.51	0.37	0.57	1484.41
13.39	0.30	0.40	1026.81
37.71	0.71	2.68	6953.08
14.10	0.62	0.88	2278.46
22.80	0.45	1.03	2664.96
7.95	0.22	0.17	445.73
14.85	0.47	0.69	1797.11
dPt, kW	dPt,%	dAtong, kWh	
16.39	1.47	42482.72	

Đáp số chương 13

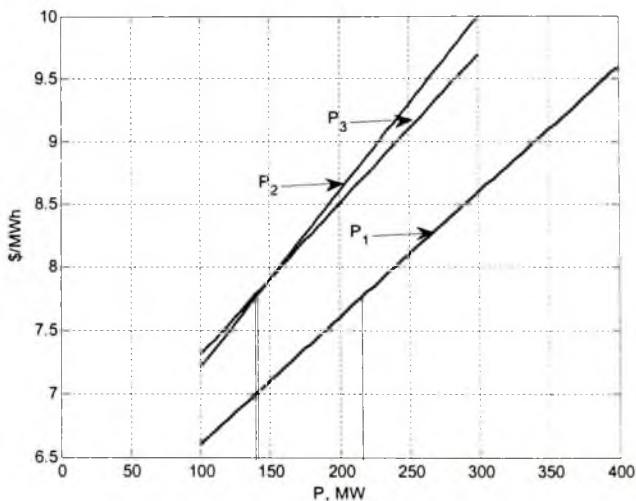
13.1.

Lamd	P1	P2	P3	DP	grad	Del
6.5000	90.0000	50.0000	33.3333	321.6667	254.7619	1.2626
7.7626	216.2617	140.1869	138.5514	0.0000	254.7619	0.0000

Chiphi =

4.6659e+003

13.2.



13.3.

216.2617

140.1869

138.5514

Total generation cost = 4665.90 \$/h

13.4.

a)

$\lambda = 9.862195 \text{ \$/MWh}$

Optimal Dispatch of Generation:

234.7561

225.6775

214.5664

Total generation cost = 5894.40 \$/h

b)

$\lambda = 10.175000 \text{ \$/MWh}$

Optimal Dispatch of Generation:

200.0000

243.0556

231.9444

Total generation cost = 5909.26 \$/h

c)

$\lambda = 12.100167 \text{ \$/MWh}$

Optimal Dispatch of Generation:

200.0000

250.0000

260.1897

Total generation cost = 6274.93 \$/h

13.5.

$$\lambda = 8.066496 \text{ \$/MWh}$$

Optimal Dispatch of Generation:

75.0000

90.6463

91.3708

$$\text{Total generation cost} = 2516.83 \text{ \$/h}$$

13.6.

$$\lambda = 6.865295 \text{ \$/MWh}$$

Optimal Dispatch of Generation:

20.0000

45.8956

39.2617

$$\text{Total generation cost} = 1348.44 \text{ \$/h.}$$

Đáp số chương 14

14.1.

Kết quả hiển thị trên màn hình:

Cách thứ nhất:	Cách thứ hai:
Ngan mach ba pha tai nut No. 3 Tong dong su co = 6.0522 pu Dien ap nut trong qua trinh su co, pu	Ngan mach ba pha tai nut No. 3 Tong dong su co = 6.0152 pu Dien ap nut trong qua trinh su co, pu
Nut -----Gia tri dien ap-----	Nut -----Gia tri dien ap-----
No. Gia tri,pu goc pha	No. Gia tri,pu goc pha
1 0.9708 -0.3348	1 0.9706 -0.3359
2 0.8484 -1.9924	2 0.8478 -2.0000
3 0.0000 0.0000	3 0.0000 0.0000
4 0.7919 -2.7053	4 0.7912 -2.7150
5 0.8277 -2.3348	5 0.8263 -2.3451

6	0.8706	-1.5274			6	0.8701	-1.5323		
Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 3					Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 3				
Tu	den	----Gia tri dong dien----			Tu	den	----Gia tri dong dien----		
nut	nut	Gia tri,pu	goc pha		nut	nut	Gia tri,pu	goc pha	
G	1	2.9803	-79.0285		1	2	2.9916	-79.0362	
1	2	2.9803	-79.0285		2	3	2.7447	-79.6777	
2	3	2.7432	-79.9921		2	4	0.1491	-60.0361	
2	4	0.1389	-67.2572		2	5	0.1117	-64.2888	
2	5	0.1031	-69.0810		3	F	6.0152	-79.4018	
3	F	6.0522	-79.4497		4	3	3.3086	-78.8247	
4	3	3.3091	-79.0000		5	4	0.1091	-60.6828	
5	4	0.1031	-69.0810		6	4	3.0830	-79.8679	
G	6	3.0720	-79.8583						
6	4	3.0720	-79.8583						
Ngan mach ba pha tai nut No. 4					Ngan mach ba pha tai nut No. 4				
Tong dong su co = 19.0344 pu					Tong dong su co = 18.9486 pu				
Dien ap nut trong qua trinh su co, pu					Dien ap nut trong qua trinh su co, pu				
Nut	-----Gia tri dien ap-----				Nut	-----Gia tri dien ap-----			
No.	Gia tri,pu	goc pha			No.	Gia tri,pu	goc pha		
1	0.9546	-0.5013			1	0.9543	-0.5020		
2	0.7649	-3.2545			2	0.7636	-3.2639		
3	0.3337	-4.2157			3	0.3302	-4.1657		
4	0.0000	0.0000			4	0.0000	0.0000		
5	0.4823	-5.3478			5	0.4791	-5.3509		
6	0.3792	-0.0000			6	0.3792	-0.0000		
Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 4					Dong dien tren duong day khi co su co tai nut No. 4				
Tu	den	----Gia tri dong dien----			Tu	den	----Gia tri dong dien----		
nut	nut	Gia tri,pu	goc pha		nut	nut	Gia tri,pu	goc pha	
G	1	4.6204	-79.5867		1	2	4.6462	-79.6335	
1	2	4.6204	-79.5867		2	3	1.4047	-80.0115	
2	3	1.3946	-80.5104		2	4	1.8538	-77.8635	
2	4	1.8522	-78.4107		2	5	1.3852	-79.8998	
2	5	1.3743	-80.2344		3	4	1.3810	-80.2754	
3	4	1.3946	-80.5104		4	6	14.4718	90.0000	
4	6	14.4718	90.0000		4	F	18.9486	-87.4855	
4	F	19.0344	-87.4854		5	4	1.3679	-79.8365	
5	4	1.3743	-80.2344						
G	6	14.4718	-90.0000						

14.2.

Ngan mach mot pha-dat tai nut No. 3

Dong su co tong = 5.4762 pu

Dien ap nut trong qua trinh su co, pu

Nut -----Gia tri dien ap-----

No.	Phase a	Phase b	Phase c
1	0.9606	1.0077	1.0054
2	0.8777	0.9887	0.9962
3	0.0000	1.0572	1.0445
4	0.7973	1.0110	1.0033
5	0.8385	1.0054	0.9999
6	0.9049	0.9861	0.9920

Dong dien tren duong day khi su co tai nut No. 3

Tu den -----Gia tri dong dien ----

nut	nut	Phase a	Phase b	Phase c
1	2	2.3918	0.3063	0.3063
2	3	2.1460	0.3387	0.3387
2	4	0.1325	0.0072	0.0072
2	5	0.1188	0.0256	0.0256
3	F	5.4762	0.0000	0.0000
4	3	3.3315	0.3387	0.3387
5	4	0.1188	0.0256	0.0256
6	4	3.0844	0.3063	0.3063

Ngan mach mot pha-dat tai nut No. 4

Dong su co tong = 18.8089 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nút -----Giá trị điện áp-----

No. Phase a Phase b Phase c

1 0.9355 1.0115 1.0084

2 0.7962 0.9792 0.9921

3 0.2912 1.0333 1.0191

4 0.0000 1.0140 0.9980

5 0.4390 1.0315 1.0198

6 0.5164 0.9448 0.9388

Dòng điện trên đường dây khi sự cố tại nút No. 4

Từ đến -----Giá trị dòng điện ----

nút nút Phase a Phase b Phase c

1 2 3.9844 0.5830 0.5830

2 3 1.2169 0.1614 0.1614

2 4 1.5169 0.3146 0.3146

2 5 1.2508 0.1072 0.1072

3 4 1.2169 0.1614 0.1614

4 F 18.8089 0.0000 0.0000

5 4 1.2508 0.1072 0.1072

6 4 14.8653 0.5830 0.5830

b) Ngắn mạch pha - pha tại nút No. 3

Tổng dòng sự cố = 5.2413 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nút -----Giá trị điện áp-----

No. Phase a Phase b Phase c

1	1.0000	0.9807	0.9756
2	1.0000	0.9030	0.8742
3	1.0000	0.5000	0.5000
4	1.0000	0.8676	0.8295
5	1.0000	0.8905	0.8571
6	1.0000	0.9157	0.8935

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 3

Tu	den	-----Giá trị dòng điện-----		
nut	nut	Phase a	Phase b	Phase c
1	2	0.0000	2.5810	2.5810
2	3	0.0000	2.3757	2.3757
2	4	0.0000	0.1203	0.1203
2	5	0.0000	0.0892	0.0892
3	F	0.0000	5.2413	5.2413
4	3	0.0000	2.8658	2.8658
5	4	0.0000	0.0892	0.0892
6	4	0.0000	2.6604	2.6604

Ngăn mạch pha - pha tại nút No. 4

Tổng dòng sự cố = 16.4843 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nut	-----Giá trị điện áp-----		
No.	Phase a	Phase b	Phase c
1	1.0000	0.9699	0.9624
2	1.0000	0.8523	0.8070
3	1.0000	0.5956	0.5588

4	1.0000	0.5000	0.5000
5	1.0000	0.6807	0.6209
6	1.0000	0.5982	0.5982

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 4

Tu	den	-----Giá trị dòng điện----		
nut	nut	Phase a	Phase b	Phase c
1	2	0.0000	4.0014	4.0014
2	3	0.0000	1.2077	1.2077
2	4	0.0000	1.6041	1.6041
2	5	0.0000	1.1902	1.1902
3	4	0.0000	1.2077	1.2077
4	F	0.0000	16.4843	16.4843
5	4	0.0000	1.1902	1.1902
6	4	0.0000	12.5329	12.5329

c) Ngắn mạch hai pha-dất tại nút No. 3

Tổng dòng sự cố = 5.0000 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nut	-----Giá trị điện áp-----		
No.	Phase a	Phase b	Phase c
1	1.0118	0.9657	0.9666
2	0.9860	0.8692	0.8550
3	1.0870	0.0000	0.0000
4	1.0130	0.7951	0.7937
5	1.0049	0.8340	0.8313
6	0.9797	0.8923	0.8811

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 3

Tu	den	-----Giá trị dòng điện-----		
nut	nut	Phase a	Phase b	Phase c
1	2	0.2796	2.7137	2.7885
2	3	0.3092	2.4702	2.5598
2	4	0.0066	0.1333	0.1389
2	5	0.0234	0.1111	0.1108
3	F	0.0000	5.7720	5.8419
4	3	0.3092	3.3223	3.3165
5	4	0.0234	0.1111	0.1108
6	4	0.2796	3.0822	3.0732

Ngang mạch hai pha-dat tại nút No. 4

Tổng dòng sự cố = 18.5870 pu

Điện áp nút trong quá trình sự cố, pu

Nut	-----Giá trị điện áp-----		
No.	Phase a	Phase b	Phase c
1	1.0193	0.9442	0.9464
2	0.9709	0.7906	0.7712
3	1.0500	0.3106	0.3191
4	1.0119	0.0000	0.0000
5	1.0490	0.4576	0.4670
6	0.8717	0.4630	0.4613

Dòng điện trên đường dây khi có sự cố tại nút No. 4

Tu	den	-----Giá trị dòng điện-----		
nut	nut	Phase a	Phase b	Phase c

1	2	0.5761	4.2728	4.4070
2	3	0.1595	1.2977	1.3332
2	4	0.3109	1.6767	1.7443
2	5	0.1060	1.3041	1.3308
3	4	0.1595	1.2977	1.3332
4	F	0.0000	18.7729	19.0730
5	4	0.1060	1.3041	1.3308
6	4	0.5761	14.6731	14.6672

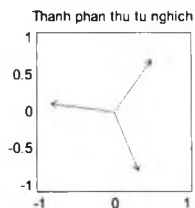
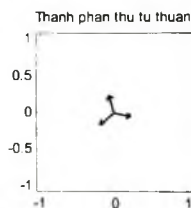
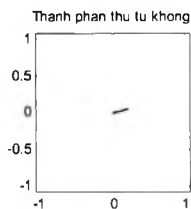
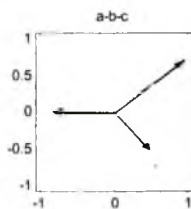
14.3.

1012p =

0.2228 17.5763

0.2410 -13.9394

0.8717 52.9988



14.4.

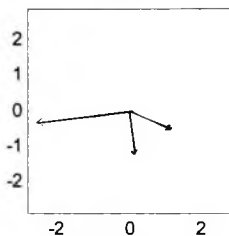
$U_{abcp} =$

1.3254 -22.2632

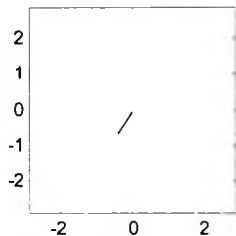
1.2501 -81.7099

2.6288 -172.5853

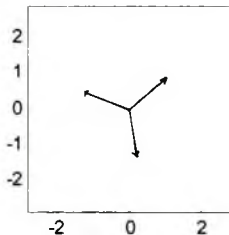
a-b-c



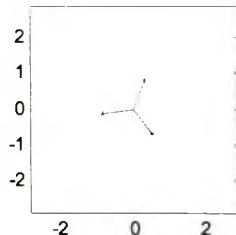
Thanh phan thu tu khong



Thanh phan thu tu thuan



Thanh phan thu tu nghich



Đáp số chương 15

15.1.

F_c, mm^2 dU_t, V dU_{cp}, V

70.00 216.91 225.00

15.2.

Fab	Fbc	Fbd	dU	dUcp
2x240.00	70.00	95.00	27.72	28.50

15.3

Zd, 10⁶ VND/năm

383.23

15.4

Zb, 10⁶ VND/năm

35.79

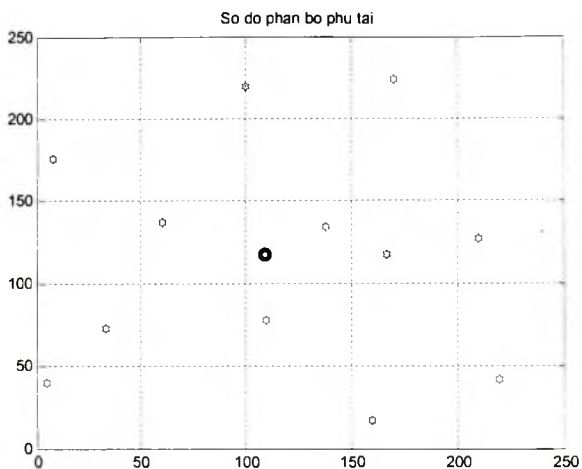
15.5.

Cấp điện áp U, kV	F _c	ΔU_n , V	ΔU_{cp} , V
10	2xAC240	184,64	300
22	AC50	531,98	660
35	AC35	417,70	1050

Chi phí tính toán:

Chi phí, 10 ⁶ VND/năm	10 kV	22 kV	35 kV
Z _b	60.94	61.84	67.48
Z _d	1595.08	705.67	753.22
Z _{tổng}	1656.02	767.51	820.69

15.6.



15.7.

Phương án	2x400	800	1000
Z, 10^6 VNĐ/năm	469.57	648.62	631.49

15.8.

n	Rd, Ω	Fmin, mm ²	F, mm ²
12.00	3.86	2.25	400.00

15.9.

n	Rd, Ω	Fmin, mm ²	F, mm ²
22.00	0.49	11.23	400.00

15.10.

$$Q_b =$$

69.72

62.70

15.11.

$$Q_{bi} =$$

86.49

38.79

29.72

15.12.

NPV	Bh	Ch	R	T
243.80	1720.48	1476.68	1.17	5.82

15.13.

NPV	Bh	Ch	R	T
6152.50	42649.45	36496.95	1.17	3.7

15.14.

a) Toàn bộ vốn tự có

NPV	Bh	Ch	R	T
6381.36	42649.45	36268.09	1.18	4.2

b) Vay toàn bộ vốn

NPV	Bh	Ch	R	T
5910.36	42649.45	36739.09	1.16	3.2

Tài liệu tham khảo

Tiếng Anh

- [1] Allen J. Wood and Bruce F. Wollenberg. Power Generation Operation and Control. John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [2] J. O. Attia, "Electronics and Circuit Analysis using Matlab", CRC Press, Inc. 1999.
- [3] J. O. Attia, "Teaching AC Circuit Analysis with MATLAB", ASEE/IEEE Frontiers in Education '95. WWW electronic version.
- [4] R. R. Boyd, "Tolerance analysis of Electronic Circuits Using MATLAB", CRC Press, Inc., 1999.
- [5] H. L. Broberg, "Laplace and Z-Transform Analysis and Design Using MATLAB", 1996, The Math Works, Inc.
- [6] I. Dobson, S Greene, R Rajaraman, C L DeMarco, F L Alvarado, M Glavic, J E Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics 8th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [7] J. G. Gottling, "Matrix Analysis of Circuits using MATLAB", Prentice Hall, 1995.
- [8] D. M. Etter, "Engineering Problem Solving with MATLAB", Prentice Hall, 1993.
- [9] Hadi Saadat, "Power System Analysis", McGraw-Hill, 2004
- [10] John J. Grainger and William D. Stevenson, Jr. "Power System Analysis", McGraw-Hill. 1994.

- [11] E. W. Kamen, B. S. Heck, "Fundamentals of Signals and Systems Using MATLAB", Prentice Hall, 1997.
- [12] D. S. Kirschen and G. Strbac, Fundamentals of Power System Economics. John Wiley & Sons, 2005.
- [13] W. D. Stanley, "Network Analysis With Applications", Prentice Hall, 2000.
- [14] R. D. Zimmerman, C. E. Murillo-Sánchez, and D. Gan, MATPOWER – A MatlabTM Power System Simulation Package Version 3.0.0: User's Manual. Power Systems Engineering Research Center (PSERC) - School of Electrical Engineering, Cornell University, 2005.
- [15] IEEE Tutorial Course. Optimal Power Flow: Solution Techniques, Requirements and Challenges. 1996.
- [16] website: www.ece.umn.edu/groups/power.
- [17] MATLAB Reference Guide. MathWorks .
- [18] MATLAB User's guide. MathWorks.

Tiếng Pháp

- [19] Abdellatif EL GHAZI et Saïd EL HAJJI, Un Petit Guide d'utilisation du logiciel MATLAB, Université Mohammed V – Agdal, Rabat, Maroc 2004.
- [20] Alfred A. Manuel Département de la Physique de la Matière Condensée 15 October 2004.
- [21] Eberhard A. (LMC, Grenoble France) : Formation MATLAB. Ecole sur Algèbre Linéaire et Application. FSR et INPT, Rabat, 1999.
- [22] El Hajji S. : Guide MATLAB , FSR, 2003.
- [23] Lapreste J.T. : Introduction à MATLAB ; Ellipses.
- [24] Nachaoui A. (Université de Nantes, France) : Formation MATLAB. Kénitra, 2001.

Tiếng Nga

- [25]. Б.Андреевский, А.Фрадков. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. Наука. 2001.
- [26]. А.Гульятев. Визуальное моделирование в среде Matlab: Учебный курс. Питер. 2000.
- [27]. А. Данилов. Компьютерный практикум по курсу "Теория управления". Simulink-моделирование в среде Matlab. МГУИЭ. 2002.
- [28]. В.Дьяконов. MATLAB 6: Учебный курс. Питер. 2001.
- [29]. Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М. MATLAB 6.x: программирование численных методов. — С.-Пб.: BHV, 2003.
- [30]. В.Коидрашов, С.Королев. Matlab как система программирования научно-технических расчетов. Мир. 2002.
- [31]. Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MatLab : учеб. курс / Киев : BHV, 2005.
- [32]. Н.Мартынов, А.Иванов. Matlab 5.x. Пособие по программированию в системе MATLAB. МГУ. 2000
- [33]. Д.Мэтьюз и К.Финк. Численные методы. Использование MATLAB. Вильямс. 2001.
- [34]. С.Поршнеv. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. Горячая Линия - Телеком. 2003.
- [35]. Потемкин В.Г. Система инженерных и научных расчетов Matlab 5.x. Т.1. – М.: Диалог-МИФИ, 1999.
- [36]. В.Потемкин. Вычисления в среде MATLAB. Диалог-МИФИ. 2004.
- [37]. И.Черных. Simulink: среда создания инженерных приложений. Диалог-МИФИ. 2003.
- [38]. К.Чен, П.Джиблин, А.Ирвинг. MATLAB в математических исследованиях. Мир. 2001.

Tiếng Việt

- [39]. Trần Quang Khánh, Hệ thống cung cấp điện, Nxb KH&KT, Hà Nội 2007.
- [40]. Trần Quang Khánh, Bài tập cung cấp điện, Nxb KH&KT, Hà Nội 2008.
- [41]. Trần Quang Khánh, Mạng điện, Nxb KH&KT, Hà Nội 2007.
- [42]. Trần Quang Khánh, Bảo hộ lao động và kỹ thuật an toàn điện, Nxb KH&KT, Hà Nội 2008.
- [43]. Trần Quang Khánh, Vận hành hệ thống điện, Nxb KH&KT, Hà Nội 2009;

Mục lục

Lời nói đầu	3
Phần II. Matlab ứng dụng chuyên ngành điện	
Chương 9: Giải mạch điện	
9.1. Các phương pháp giải mạch điện	5
9.1.1. Phương pháp dòng điện nhánh	5
9.1.2. Phương pháp dòng điện vòng	6
9.1.3. Phương pháp điện thế nút	8
9.1.4. Phương pháp xếp chồng	8
9.1.5. Phương pháp giải mạch bằng lệnh cài trước trong Matlab	9
9.1.6. Giải mạch điện với các tham số phức	12
9.2. Mạch điện hình sin	13
9.2.1 Các đại lượng mạch điện hình sin	13
9.2.2 Mạch điện xoay chiều ba pha đối xứng	25
9.2.3 Mạch điện xoay chiều ba pha không đối xứng	33
9.3. Tính toán quá trình quá độ trong mạch điện hình sin	36
9.3.1. Phương pháp kinh điển	36
9.3.2. Phương pháp toán tử	37
9.3.3. Phương pháp mô phỏng Simulink	37
9.4. Bài tập	43
Chương 10. Tính toán phụ tải điện	
10.1 Bài toán xác định phụ tải	51
10.2. Xây dựng biểu đồ phụ tải	61
10.3. Dự báo phụ tải	65
10.4. Bài tập	70
Chương 11. Mạng điện	
11.1. Dữ liệu đường dây và máy biến áp	73
11.1.1. Dữ liệu đường dây	73
11.1.2. Dữ liệu máy biến áp	82
11.2. Xác định các tham số hệ thống của sơ đồ thay thế	83
	309

11.2.1. Xác định các tham số đường dây	83
11.2.2. Các tham số của máy biến áp	91
11.3. Tính toán chế độ xác lập của đường dây	95
11.4. Tính toán mạng điện kin	104
11.5 Đường dây truyền tải siêu cao áp	109
11.6. Tính toán cơ học đường dây	124
11.7. Bài tập	130
Chương 12. Giải tích mạng điện	
12.1 Phân loại các nút trong hệ thống điện	137
12.2. Biểu thị các tham số hệ thống của các phân tử trong hệ đơn vị tương đối	138
12.3. Chương trình giải tích mạng điện truyền tải	143
12.3.1 Chương trình dữ liệu	143
12.3.2 chương trình lfybus	144
12.3.3 Chương trình lfgauss và lfnwton	145
12.3.4 Chương trình bloss	150
12.3.5. Chương trình busout	150
12.4 Giải tích mạng điện phân phối	163
12.4.1. Mạng điện phân phối trung áp	163
12.4.2. Mạng điện phân phối hạ áp	169
12.5. Bài tập	174
Chương 13. Phân bố tối ưu công suất trong hệ thống điện	
13.1 Khái quát chung	181
13.1.1. Đặc tính chi phí của các tổ máy phát	181
13.1.2. Phân bố tối ưu công suất của các tổ máy phát không xét đến tổn thất trong mạng	181
13.1.3. Phân bố tối ưu công suất của các tổ máy phát có xét đến tổn thất trong mạng	182
13.2 Chương trình phân bố tối ưu công suất trong hệ thống điện	186
13.2.1. Chương trình dispatch	186
13.2.2. Chương trình gencost	187
13.3 Bài tập	197

Chương 14. Tính toán ngắn mạch	
14.1 Tính toán ngắn mạch đối xứng	201
14.1.1. Khái quát về ngắn mạch đối xứng	201
14.1.2 Chương trình tính toán ngắn mạch đối xứng	202
14.1.2.1 Chương trình thiết lập ma trận điện trở nút	202
14.1.2.2 Chương trình tính toán ngắn mạch đối xứng	203
14.2 Tính toán ngắn mạch không đối xứng	212
14.2.1. Khái quát chung về ngắn mạch không đối xứng	212
14.2.1.1. Ngắn mạch một pha-đất	213
14.2.1.2. Ngắn mạch hai pha	213
14.2.2. Chương trình tính toán ngắn mạch không đối xứng	214
14.3 Bài tập	223
Chương 15. Thiết kế mạng điện	
15.1. Chọn tiết diện dây dẫn	227
15.2. Chọn cấp điện áp tối ưu của lưới phân phối	234
15.3. Chọn trạm biến áp	242
15.3.1. Vị trí tối ưu của trạm biến áp	242
15.3.2 Chọn số lượng và công suất máy biến áp	243
15.4 Tính toán nổi đất	247
15.5 Tính toán bù công suất phản kháng	253
15.6 Phân tích kinh tế tài chính	257
15.6.1. Dòng tiền của dự án	257
15.6.2. Các chỉ tiêu cơ bản của dự án	258
15.7 Bài tập	265
Đáp số	
Đáp số chương 9	271
Đáp số chương 10	278
Đáp số chương 11	280
Đáp số chương 12	284
Đáp số chương 13	290
Đáp số chương 14	292
Đáp số chương 15	300
Tài liệu tham khảo	305
	311

MATLAB ỨNG DỤNG

Tập II

Chịu trách nhiệm xuất bản: TS. PHẠM VĂN DIỄN

Biên tập: ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

Trình bày bìa: TRỊNH THÙY DƯƠNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội

In 700 bản, khổ 16x24cm, tại Nhà in Hà Nội - Công ty Sách Hà Nội, 67 Phố Đức Chính - Ba Đình - Hà Nội. Số đăng ký KHXB: 215-2010/CXB/217.2-17/KHKT ngày 05/3/2010. Quyết định xuất bản số: 202/QĐXB-NXBKHKT ký ngày 01/9/2010. Số in 256/2. In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2010.